



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Curso de Engenharia Elétrica**

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO E ELABORAÇÃO DE
NOVOS PROJETOS PARA A ILUMINAÇÃO DOS
ESPAÇOS PÚBLICOS NO *CAMPUS* DARCY
RIBEIRO – UNB**

**Autor: Vinícius Maia Pires
Orientador: Rafael Amaral Shayani**

**Brasília, DF
Julho, 2017**



Vinícius Maia Pires

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO E ELABORAÇÃO DE NOVOS
PROJETOS PARA A ILUMINAÇÃO DOS ESPAÇOS PÚBLICOS NO
CAMPUS DARCY RIBEIRO – UNB**

Monografia submetida ao
curso de graduação em Engenharia
Elétrica da Universidade de Brasília,
como requisito parcial para obtenção
do Título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Orientador: Rafael Amaral
Shayani

Brasília, DF

2017

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Pires, Vinícius Maia.

Estudo luminotécnico e elaboração de novos projetos para a iluminação de espaços públicos no *Campus Darcy Ribeiro* - UnB / Vinícius Maia Pires. Brasília: UnB, 2017. 97 p : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2013. Orientação:
Rafael Amaral Shayani.

1. CPTED. 2. Iluminação Pública. 3. Luminotécnica
I. Shayani, Rafael Amaral. II. Título.

CDU Classificação

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO E ELABORAÇÃO DE NOVOS
PROJETOS PARA A ILUMINAÇÃO DOS ESPAÇOS PÚBLICOS NO
CAMPUS DARCY RIBEIRO – UNB**

Vinícius Maia Pires

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia - FT, da Universidade de Brasília, em 06 de julho de 2017 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Doutor: Rafael Amaral Shayani, UnB/ ENE

Orientador

Prof. Doutor: Alcides Leandro Silva, UnB/ ENE

Membro Convidado

Prof. Doutor: Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira, UnB/ ENE

Membro Convidado

Brasília, DF
2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que me faz levantar dia após dia e me deu tudo o que sempre precisei.

Agradeço à minha esposa, Manuella, que compartilhou comigo tantas noites em claro e me fez encontrar forças quando eu havia perdido a esperança.

Agradeço meus pais e meu irmão, que se sacrificaram muito para que eu pudesse ter a oportunidade de crescer na vida e me tornaram a pessoa que eu sou.

Agradeço aos professores que tanto me ensinaram ao longo deste curso, em especial, ao professor Shayani que me orientou neste trabalho.

Agradeço ao Major Isângelo Senna da PMDF, que me apresentou o mundo da criminologia e abriu possibilidades para este trabalho envolver novas áreas do conhecimento.

RESUMO

Este trabalho faz um diagnóstico do sistema de iluminação pública de estacionamentos, praças e outras áreas voltadas para o trânsito e permanência de pedestre no *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília através de simulações realizadas com o *software* Relux Pro analisando a iluminância média e o fator de uniformidade. Além disso foram elaborados novos projetos que visam a diminuição do medo do crime e da taxa de criminalidade através da aplicação dos princípios do CPTED (*Crime Prevention Through Environmental Design*) por meio da iluminação. O presente estudo dividiu estacionamentos e praças do *Campus* em 20 locais de interesse, e estes locais foram divididos em 123 áreas de medição, que serviram de referência para os cálculos. Os critérios escolhidos para definir se uma área de medição tem uma iluminação suficiente foram uma iluminância média maior ou igual a 20 lux e um fator de uniformidade maior ou igual a 0,3. Realizando o diagnóstico do sistema instalado chegou-se à conclusão de que apenas 11 das áreas de medição atendem aos requisitos do trabalho. Após as modificações propostas o número de áreas aprovadas subiu para 112. O sistema atual possui uma carga instalada de 156kW e, se todas as sugestões forem realizadas, esta carga aumentaria para 201kW.

Palavras-chave: CPTED. Iluminação Pública. Luminotécnica.

SUMÁRIO

Agradecimentos	vii
RESUMO	viii
Sumário	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas.....	xiv
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	3
1.1. <i>Introdução à criminologia ambiental</i>	3
1.1.1. Teoria das atividades rotineiras	4
1.1.2. Teoria da escolha racional.....	4
1.1.3. Teoria dos padrões criminais	5
1.1.4. Triângulo do crime	5
1.1.5. Medo do crime	6
1.2. <i>CPTED</i>	7
1.2.1. Vigilância Natural	7
1.2.2. Territorialidade.....	8
1.2.3. Controle de acesso	8
1.2.4. Manutenção	9
1.2.5. Influência da Iluminação	9
1.3. <i>Luminotécnica</i>	10
1.3.1. Fluxo luminoso (ϕ)	10
1.3.2. Iluminância (E).....	10
1.3.3. Fator de uniformidade	11
1.3.4. Referências normativas.....	11
3. Metodologia	13
1.4. <i>Softwares utilizados</i>	16
1.4.1. Google Earth.....	16
1.4.2. SketchUp	16
1.4.3. Relux Pro	16
1.5. <i>Definição dos locais</i>	17
1.6. <i>Captura de imagens</i>	18
1.7. <i>Levantamento de campo</i>	18
1.8. <i>Modelagem dos postes</i>	18
1.9. <i>Escolha dos modelos das luminárias</i>	19
1.10. <i>Modelos Luminotécnicos</i>	19
1.11. <i>Adequação das instalações existentes</i>	19
1.12. <i>Tabelamento de Dados</i>	20

1.13.	<i>Avaliação das áreas prioritárias.....</i>	<i>20</i>
1.14.	<i>Hipóteses simplificadoras.....</i>	<i>20</i>
4.	Resultados e Discussões.....	22
1.15.	<i>Modelagem dos postes</i>	<i>22</i>
1.16.	<i>Escolha dos modelos de luminárias.....</i>	<i>22</i>
1.17.	<i>Definição dos locais.....</i>	<i>23</i>
1.18.	<i>Modelos Luminotécnicos.....</i>	<i>24</i>
1.19.	<i>Adequação das instalações existentes</i>	<i>27</i>
1.20.	<i>Avaliação das áreas prioritárias.....</i>	<i>32</i>
1.21.	<i>Considerações finais.....</i>	<i>36</i>
5.	Conclusão.....	41
6.	Referências	43
	ANEXOS.....	45
1.	REsultados para todas as áreas	46
1.22.	<i>BAES e BSAN.....</i>	<i>47</i>
1.23.	<i>BCE – Estacionamento 1.....</i>	<i>50</i>
1.24.	<i>BCE – Estacionamento 2.....</i>	<i>53</i>
1.25.	<i>Casa do professor e SGs</i>	<i>56</i>
1.26.	<i>Centro Comunitário.....</i>	<i>59</i>
1.27.	<i>Faculdade de Direito</i>	<i>61</i>
1.28.	<i>Faculdade de Educação – Parte 1</i>	<i>65</i>
1.29.	<i>Faculdade de Educação – Parte 2</i>	<i>67</i>
1.30.	<i>Faculdade de Saúde – Estacionamento 1.....</i>	<i>71</i>
1.31.	<i>Faculdade de Tecnologia – Estacionamento 1.....</i>	<i>74</i>
1.32.	<i>Faculdade de Tecnologia – Estacionamento 2.....</i>	<i>77</i>
1.33.	<i>ICC Norte</i>	<i>80</i>
1.34.	<i>ICC Sul.....</i>	<i>85</i>
1.35.	<i>Instituto de Artes.....</i>	<i>89</i>
1.36.	<i>Instituto de Música.....</i>	<i>92</i>
1.37.	<i>Instituto de Química.....</i>	<i>95</i>
1.38.	<i>Pavilhões Anísio Teixeira e João Calmon.....</i>	<i>98</i>
1.39.	<i>Postinho</i>	<i>101</i>
1.40.	<i>Restaurante Universitário</i>	<i>104</i>
2.	Dados das Luminárias	107
3.	Dados dos postes	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Propostas das concorrentes à eleição do DCE e 2017	1
Figura 2 - Triângulo do crime	5
Figura 3 - Malha de medição de iluminância.....	10
Figura 4 - Fluxograma descrevendo a metodologia realizada para a análise de cada um dos locais escolhidos	15
Figura 5 - Fluxograma referente ao tratamento dos dados de forma geral	16
Figura 6 - Áreas analisadas.....	23
Figura 7 - Legenda utilizada para a representação de postes e luminárias	25
Figura 8 - Estacionamento 3 da FT - Sistema instalado	26
Figura 9 - Estacionamento 3 da FT - Resultados da simulação	27
Figura 10 - Proposta de adequação do sistema de iluminação	28
Figura 11 - Resultados da simulação.....	29
Figura 12 - Alterações na potência das luminárias	30
Figura 13 - Resultados com as luminárias de 150W.....	30
Figura 14 - Gráfico comparando o número de áreas de medição aprovadas em cada um dos locais analisados	36
Figura 15 - Gráfico representando o potencial aumento de custos para a UnB.....	39
Figura 16 - Estacionamento BAES e BSAN - Sistema original.....	47
Figura 17 - Estacionamento BAES e BSAN - Distribuição de iluminância	48
Figura 18 - Estacionamento BAES e BSAN - Novo projeto	48
Figura 19 - Estacionamento BAES e BSAN - Nova distribuição de iluminância.....	49
Figura 20 - BCE - Estacionamento 1 - Sistema original.....	50
Figura 21 - BCE - Estacionamento 1 - Distribuição de iluminância	51
Figura 22 - BCE - Estacionamento 1 - Novo projeto	51
Figura 23 - BCE - Estacionamento 1 - Nova distribuição de iluminância.....	52
Figura 24 - BCE - Estacionamento 2 - Sistema original.....	53
Figura 25 - BCE - Estacionamento 2 - Distribuição de iluminância	53
Figura 26 - BCE - Estacionamento 2 - Novo projeto	54
Figura 27 - BCE - Estacionamento 2 - Nova distribuição de iluminância.....	54
Figura 28 - Casa do Professor e SGs - Sistema original	56
Figura 29 - Casa do Professor e SGs - Distribuição de iluminância	57
Figura 30 - Casa do Professor e SGs - Novo projeto	57
Figura 31 - Casa do Professor e SGs - Nova distribuição de iluminância	58
Figura 32 - Centro Comunitário - Sistema original	59
Figura 33 - Centro Comunitário - Distribuição de iluminância.....	59
Figura 34 - Centro Comunitário - Novo projeto	60
Figura 35 - Centro Comunitário - Nova distribuição de iluminância.....	61

Figura 36 - FD - Sistema original	62
Figura 37 - FD - Distribuição de iluminância	63
Figura 38 - FD - Novo projeto	63
Figura 39 - FD - Nova distribuição de iluminância	64
Figura 40 - FE - Estacionamento 1 - Sistema original	65
Figura 41 - FE - Estacionamento 1 - Distribuição de iluminância	65
Figura 42 - FE - Estacionamento 1 - Novo projeto	66
Figura 43 - FE - Estacionamento 1 - Nova distribuição de iluminância	66
Figura 44 - FE - Estacionamento 2 - Sistema original	67
Figura 45 - FE - Estacionamento 2 - Distribuição de iluminância	68
Figura 46 - FE - Estacionamento 2 - Novo projeto	69
Figura 47 - FE - Estacionamento 2 - Nova distribuição de iluminância	69
Figura 48 - FS - Sistema original	71
Figura 49 - FS - Distribuição de iluminância	72
Figura 50 - Novo projeto	72
Figura 51 - FS - Nova distribuição de iluminância	73
Figura 52 - FT - Estacionamento 1 - Sistema original	74
Figura 53 - FT - Estacionamento 1 - Distribuição de iluminância	74
Figura 54 - FT - Estacionamento 1 - Novo projeto	75
Figura 55 - FT - Estacionamento 1 - Nova distribuição de iluminância	76
Figura 56 - FT - Estacionamento 2 - Sistema original	77
Figura 57 - FT - Estacionamento 2 - Distribuição de iluminância	77
Figura 58 - FT - Estacionamento 2 - Novo projeto	78
Figura 59 - FT - Estacionamento 2 - Nova distribuição de iluminância	78
Figura 60 - ICC Norte - Sistema original	80
Figura 61 - ICC Norte - Distribuição de iluminância	81
Figura 62 - ICC Norte - Novo projeto	82
Figura 63 - ICC Norte - Nova distribuição de iluminância	82
Figura 64 - ICC Sul - Sistema original	85
Figura 65 - ICC Sul - Distribuição de iluminância	86
Figura 66 - ICC Sul - Novo projeto	86
Figura 67 - ICC Sul - Nova distribuição de iluminância	87
Figura 68 - IdA - Sistema original	89
Figura 69 - IdA - Distribuição de iluminância	89
Figura 70 - IdA - Novo projeto	90
Figura 71 - IdA - Nova distribuição de iluminância	90
Figura 72 - Instituto de Música - Sistema original	92
Figura 73 - Instituto de Música - Distribuição de iluminância	92
Figura 74 - Instituto de Música - Novo projeto	93
Figura 75 - Instituto de Música - Nova distribuição de iluminância	93

Figura 76 - Instituto de Química - Sistema original	95
Figura 77 - Instituto de Química - Distribuição de iluminância	95
Figura 78 - Instituto de Química - Novo projeto	96
Figura 79 - Instituto de Química - Nova distribuição de iluminância	96
Figura 80 - Pavilhões - Distribuição de iluminância	98
Figura 81 - Pavilhões - Novo projeto	99
Figura 82 - Pavilhões - Nova distribuição de iluminância	99
Figura 83 - Postinho - Sistema original	101
Figura 84 - Postinho - Distribuição de iluminância	101
Figura 85 - Postinho - Novo projeto	102
Figura 86 - Postinho - Nova distribuição de iluminância	102
Figura 87 - RU - Sistema original	104
Figura 88 - RU - Distribuição de iluminância	104
Figura 89 - RU - Novo projeto	105
Figura 90 - RU - Nova distribuição de iluminância	106
Figura 91 - Luminária Aurora com Lâmpada de 100W	107
Figura 92 - Luminária Aurora com Lâmpada de 150W	107
Figura 93 - Luminária Aurora com Lâmpada de 250W	108
Figura 94 - Luminária Selenium com Lâmpada de 400W	108
Figura 95 - Luminária SGS203 com Lâmpada de 125W	109
Figura 96 - Luminária HFN901 com Lâmpada de 250W	109
Figura 97 - Luminária Metronomis com Lâmpada de 50W	110
Figura 98 - Poste PA-001	111
Figura 99 - Poste PA-003	112
Figura 100 - Poste PA-004	113
Figura 101 - Poste PA-005	114
Figura 102 - Poste PA-006	115
Figura 103 - Poste PA-009	116
Figura 104 - Poste PA-011	117
Figura 105 - Braço BR-001	118
Figura 106 - Poste PC-002	119
Figura 107 - Poste UnB 5m	120
Figura 108 - Poste UnB 6m	121

LISTA DE TABELAS

	Tabela 1 - Tabela de iluminâncias da NBR 5413	12
CEMIG	Tabela 2 - Critérios para iluminação voltada a pedestres estabelecidos pela ND-3.4 da	12
	Tabela 3 - Estacionamento 3 da FT - Resultados da simulação	27
	Tabela 4 - Resultados para o sistema modificado	29
	Tabela 5 - Resultado da configuração com luminárias de 150W	31
	Tabela 6 - Comparação da potência instalada para todos os casos	31
	Tabela 7 - Áreas de medição aprovadas	32
	Tabela 8 - Áreas de medição reprovadas	32
	Tabela 9 - Número de luminárias e potência instalada	38
	Tabela 10 - BCE - Estacionamento 1 - Comparação de iluminâncias	52
instalada	Tabela 11 - BCE - Estacionamento 1 - Comparação do número de luminárias e potência	52
	Tabela 12 - BCE - Estacionamento 2 - Comparação de iluminâncias	55
instalada	Tabela 13 - BCE - Estacionamento 2 - Comparação do número de luminárias e potência	55
	Tabela 14 - Casa do Professor e SGs - Comparação de iluminâncias	58
instalada	Tabela 15 - Casa do Professor e SGs - Comparação do número de luminárias e potência	58
	Tabela 16 - Centro Comunitário - Comparação de iluminâncias	61
instalada	Tabela 17 - Centro Comunitário - Comparação do número de luminárias e potência	61
	Tabela 18 - FD - Comparação de iluminâncias	64
	Tabela 19 - FD - Comparação do número de luminárias e potência instalada	64
	Tabela 20 - FE - Estacionamento 1 - Comparação de iluminâncias	67
instalada	Tabela 21 - FE - Estacionamento 1 - Comparação do número de luminárias e potência	67
	Tabela 22 - FE - Estacionamento 2 - Comparação de iluminâncias	70
instalada	Tabela 23 - FE - Estacionamento 2 - Comparação do número de luminárias e potência	70
	Tabela 24 - FS - Comparação de iluminâncias	73
	Tabela 25 - FS - Comparação do número de luminárias e potência instalada	73
	Tabela 26 - FT - Estacionamento 1 - Comparação de iluminâncias	76
instalada	Tabela 27 - FT - Estacionamento 1 - Comparação do número de luminárias e potência	76
	Tabela 28 - FT - Estacionamento 2 - Comparação de iluminâncias	79
instalada	Tabela 29 - FT - Estacionamento 2 - Comparação do número de luminárias e potência	79
	Tabela 30 - ICC Norte - Comparação de iluminâncias	83
	Tabela 31 - ICC Norte - Comparação do número de luminárias e potência instalada	83
	Tabela 32 - ICC Sul - Comparação de iluminâncias	87

Tabela 33 - ICC Sul - Comparação do número de luminárias e potência instalada	88
Tabela 34 - IdA - Comparação de iluminâncias	91
Tabela 35 - IdA - Comparação do número de luminárias e potência instalada	91
Tabela 36 - Instituto de Música - Comparação de iluminâncias	94
Tabela 37 - Instituto de Música - Comparação do número de luminárias e potência instalada	94
Tabela 38 - Instituto de Química - Comparação de iluminâncias	97
Tabela 39 - Instituto de Química - Comparação do número de luminárias e potência instalada	97
Tabela 40 - Pavilhões - Sistema original	98
Tabela 41 - Pavilhões - Comparação de iluminâncias	100
Tabela 42 - Pavilhões - Comparação do número de luminárias e potência instalada	100
Tabela 43 - Postinho - Comparação de iluminâncias	103
Tabela 44 - Postinho - Comparação do número de luminárias e potência instalada	103
Tabela 45 - RU - Comparação de iluminâncias	106
Tabela 46 - RU - Comparação do número de luminárias e potência instalada	106

1. INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos uma das grandes demandas da comunidade que frequenta a Universidade de Brasília – UnB foi a melhoria no sistema de iluminação pública nos vários *Campi* da Universidade. Essa demanda não só existe como já foi percebida pelos órgãos que representam tanto o corpo discente quanto a instituição. Uma prova disso é que nas últimas eleições, que ocorreram em 2016, para a reitoria, e 2017, para a gestão do Diretório Central dos Estudantes, todas as chapas tinham a proposta de buscar investir em iluminação.



Figura 1 - Propostas das concorrentes à eleição do DCE e 2017

Essa preocupação não é sem fundamentos. Com o grande número de crimes violentos noticiados pela mídia, a sociedade como um todo tem vivido com medo e alguns incidentes que ocorreram na UnB colaboram para essa insegurança aumentar.

É neste contexto que esse trabalho se insere, tendo como objetivo geral diminuir a criminalidade no *Campus* Darcy Ribeiro através da melhoria da iluminação pública. Antes disso, porém, é necessário discutir sobre o real poder que a iluminação tem para impedir crimes, e em quais situações isso pode ocorrer. Esta discussão está presente no capítulo de revisão bibliográfica deste trabalho, que introduz o leitor à criminologia ambiental e à Prevenção Criminal através do Design de Ambientes (CPTED). Além disso, esse capítulo explica os conceitos referentes à luminotécnica que são utilizados ao longo do trabalho.

Para aproximar o objetivo principal de um trabalho concreto, ele foi dividido em objetivos específicos. O primeiro deles é fazer uma avaliação do sistema de iluminação existente. Essa avaliação exige um levantamento de campo e uma modelagem computacional. Com base no levantamento de dados sobre a qualidade da iluminação pública no *Campus* é possível sugerir alterações visando proporcionar uma maior sensação de segurança para a comunidade universitária. Todos os passos necessários para a realização deste trabalho estão descritos no capítulo 3, incluindo detalhes da escolha das áreas analisadas, da modelagem dessas áreas e elaboração de novos projetos, bem como os critérios estabelecidos. Já o capítulo 4 contém todos os dados relevantes obtidos por esses processos e uma discussão detalhada de cada um deles. O capítulo 5 busca sintetizar toda a informação presente neste estudo, destacar as efetivas contribuições e sugerir possíveis continuações do mesmo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Introdução à criminologia ambiental

Desde o início das civilizações existem conjuntos de comportamentos que são esperados dos indivíduos e condutas que não são aceitáveis. Quando uma pessoa ou um grupo desrespeita alguma dessas normas eles estão passíveis de receber punições, e essas transgressões às regras vigentes são conhecidas como crime. Como a sociedade como um todo não deseja que crimes aconteçam, diversos estudiosos se dedicaram ao estudo desses desrespeitos às normas sociais que vigoram em determinado lugar e tempo, e assim surgiu a ciência da Criminologia. [1]

A criminologia tradicional surgiu com sua Escola Clássica durante o período do Iluminismo, a partir do final do século XVIII, quando o entendimento de que o homem é responsável por seu destino e avalia os riscos e benefícios de seus atos passou a dominar a comunidade científica. Foi nessa época que conceitos como contrato social e finalidade das penas começaram a ser discutidos. Já no século XIX surgiu a Escola Positivista, que tinha uma visão mais determinista, onde o ambiente definia as escolhas do ser humano, negando assim o livre-arbítrio e estudava os criminosos como uma doença da sociedade. No final do século XIX e no início do século XX surge a Sociologia Criminal que procura na sociedade causas para a ocorrência de crimes. É possível afirmar que, em geral, a criminologia tradicional, que é composta pelas escolas descritas acima, é focada no criminoso e busca meios de entendê-lo e recuperá-lo. [1]

Como a criminologia tradicional tem conceitos não muito pragmáticos, havia a necessidade de outras abordagens e elas foram surgindo ao longo do século XX. Na década 1980 Paul e Patricia Brantingham defendiam que para um crime ocorrer é necessária a coexistência de quatro elementos: [2]

- Espaço geográfico e temporal
- Criminoso
- Vítima/Alvo
- Lei

Ao estudar os crimes ao invés dos criminosos, o casal Brantingham estava inaugurando a criminologia ambiental, que se opõe à criminologia tradicional.

Enquanto o interesse da criminologia tradicional é o criminoso e como restaurá-lo, a criminologia ambiental se foca no crime e como preveni-lo. [1]

A criminologia ambiental se assenta em três premissas. São elas:

- O ofensor é imediatamente influenciado pelo ambiente onde o crime ocorre.
- O comportamento criminoso depende de fatores situacionais, onde o crime é centrado nas oportunidades existentes.
- Alterando-se o ambiente é possível reduzir as taxas de criminalidade.

Com base nessas premissas, diversas teorias tentaram identificar fatores que facilitam o crime e procurar maneiras de evitar novos delitos. As principais teorias são:

1.1.1. Teoria das atividades rotineiras

Esta teoria defende que um crime acontece quando um ofensor provável encontra um alvo adequado na ausência de um guardião capaz. Um ofensor provável é um indivíduo que pode vir a cometer algum crime, um alvo adequado é algo ou alguém que pode sofrer algum tipo de violação e um guardião capaz é alguém que, nas suas atividades rotineiras, irá reforçar a informação de o possível agressor pode estar sendo observado. É importante perceber que a figura do guardião capaz não precisa ser necessariamente alguma autoridade policial, já que sua função não é impedir a consumação do crime, mas sim eliminar a certeza que o criminoso tem de que ninguém irá testemunhar seus atos ilícitos. [1]

1.1.2. Teoria da escolha racional

Segundo esta teoria, um criminoso sempre está avaliando de forma racional os benefícios e os riscos de suas ações, e fazendo escolhas levando estes fatores em consideração. Vale ressaltar que, conforme o indivíduo vai se tornando mais experiente e adquire uma melhor capacidade de fazer essas escolhas. Levando em consideração essa teoria, uma forma de evitar crimes é aumentar a percepção de risco para o criminoso e diminuir os benefícios do crime. [1]

1.1.3. Teoria dos padrões criminais

Esta última diz que o ambiente envia sinais sobre suas características físicas, legais, culturais, espaciais e psicológicas que são lidas por prováveis criminosos. Esse indivíduo lê esses sinais e os usa para escolher seus alvos.

Conforme o criminoso vai reconhecendo melhor esses sinais, seja por experiência própria ou transmissão social, ele consegue reconhecer padrões que podem ser percebidos em outras situações. Ao identificar esses padrões, o criminoso tem mais confiança para praticar outros delitos. [1]

1.1.4. Triângulo do crime

Analisando as teorias apresentadas, é possível perceber que elas têm várias ideias que podem ser aplicadas em conjunto, e uma forma de resumi-las é conhecida como triângulo do crime, que está mostrado na figura abaixo. [3]

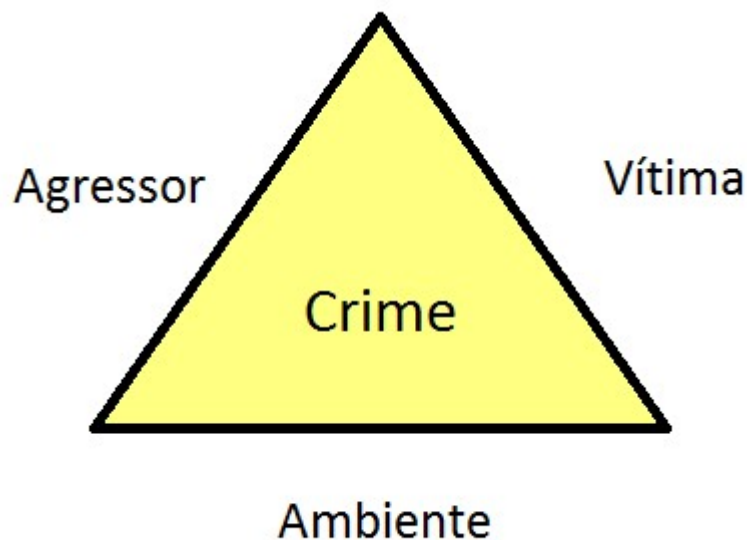


Figura 2 - Triângulo do crime

Essa imagem representa as variáveis necessárias para que aconteça um crime. Se qualquer uma destas for eliminada, a possibilidade de um delito acontecer é nula.

Observando as variáveis acima, é possível pensar em estratégias de prevenção do crime focada em cada uma delas. Por exemplo, para eliminar possíveis agressores uma política que pode ter bons resultados é o estímulo à educação e geração de empregos, o que se mostraria uma melhor opção para o criminoso se comparado aos atos ilícitos. Outras possibilidades podem ser

trabalhadas com foco nas vítimas, como orientar o público a não frequentar ambientes considerados perigosos, ou, numa visão um pouco mais radical, estimular o armamento civil. Porém, a única variável que está sob o controle imediato dos administradores de um espaço é o ambiente, por isso o restante deste trabalho irá focar em alterações no ambiente físico para evitar o acontecimento de novos crimes.

1.1.5. Medo do crime

As teorias da criminologia ambiental foram apresentadas com foco no criminoso, e pouco se falou até aqui sobre a vítima. Porém, assim como o criminoso identifica um ambiente adequado para cometer um ato ilícito, um indivíduo comum pode ler os sinais ao seu redor e perceber se ele é ou não um alvo adequado. Quando isso acontece surge o medo do crime.

O medo do crime, apesar de não significar diretamente que alguém sofreu algum dano físico ou patrimonial, traz diversos problemas para a sociedade como está explicado no Guia de Prevenção do Crime e da Violência [4]:

- Perda do poder da comunidade – as pessoas tendem a se isolar ao invés de agir em conjunto, o que significa uma redução no poder da comunidade;
- Menos vigilância, mais crimes – conforme as pessoas se isolam por medo do crime, menos guardiões capazes estarão presentes nas ruas, o que será um incentivo para a ocorrência de novos crimes;
- Desvalorização do ambiente – conforme uma região se torna conhecida por seus altos níveis de criminalidade, menos pessoas se interessam por ela, o que diminui o seu valor.

Esses três efeitos geram um ciclo vicioso, que tende a denegrir cada vez mais um determinado espaço e aumentar tanto a sensação de insegurança da população quanto as taxas de criminalidade.

Portanto, mesmo que um ambiente não apresente taxas significativas de criminalidade, vale a pena aplicar medidas de prevenção criminal com o objetivo de reduzir o medo do crime.

1.2. CPTED

CPTED é o acrônimo para Prevenção de Crimes através do *Design* de Ambientes (em inglês, *Crime Prevention Through Environmental Design*). Essa sigla identifica um conjunto de estratégias para tornar um ambiente menos propenso a ocorrência de delitos. Ela tem sido discutida de forma independente da criminologia ambiental desde a década de 1970 e vem se renovando desde então. Apesar de ainda haver discussões sobre esta estratégia ser ou não eficaz, diversas pesquisas comprovam que a aplicação dos princípios de CPTED tem efeitos significativos tanto na redução do medo do crime quanto dos índices de criminalidade propriamente ditos [5]. Os princípios do CPTED serão explicados a seguir:

1.2.1. Vigilância Natural

O princípio da vigilância natural se baseia no conceito de guardião capaz. Já que a possibilidade de haver uma testemunha aumenta o risco para uma pessoa que está cometendo um ato ilícito, podemos concluir que criminosos não gostam de ser observados. Por isso, um espaço seguro é um espaço onde as pessoas podem ver, para poder identificar um possível agressor, e ser vistas, para inibir possíveis criminosos e dar uma sensação de segurança para as vítimas, por outras pessoas. A vigilância natural pode ser atingida de várias formas como, por exemplo, a poda de árvores e arbustos, a presença de janelas nos prédios, um bom sistema de iluminação entre outros. [5]

Vale ressaltar que como o objetivo principal da vigilância natural é permitir que as pessoas que frequentam um determinado ambiente possam ver e serem vistas, é necessário que haja pessoas nesse dado ambiente. Então um passo importante nessa estratégia é fomentar atividades para que os espaços sejam ocupados por pessoas que não tenham a intenção de cometer crimes. Alguns exemplos de atitudes nesse sentido são: direcionar calçadas para que sempre haja fluxo de pessoas no lugar de interesse e incentivar eventos culturais e comércio, sempre com o intuito de manter “olhos nas ruas” [6].

Também existem outros tipos de vigilância, como a vigilância organizada e a vigilância mecanizada. A vigilância organizada é aquela exercida por pessoas contratadas para esse objetivo, como policiais e seguranças privados, já a

vigilância mecanizada é aquela feita por câmeras. Como o CPTED é mais focado no desenho do ambiente, esses tipos de vigilância não são considerados como um princípio desta estratégia pela maioria dos autores desse assunto, porém elas também podem ser utilizadas para inibir crimes. [5]

1.2.2. Territorialidade

Pessoas naturalmente protegem aquilo que é sua propriedade e tendem a respeitar a propriedade de outras pessoas. O princípio da territorialidade tenta definir claramente a propriedade de uma local. Esse conceito é facilmente aplicável em uma casa, por exemplo, onde uma simples grade consegue separar o espaço público da propriedade privada e definir que o espaço após a grade tem dono. Porém, quando se trata de ruas, praças e outros espaços públicos, a aplicação da territorialidade pode ficar um pouco mais complexa já que é mais difícil definir quem é responsável por aquele lugar. [6] Isso não impede que este princípio seja aplicado. Para isso é necessário definir a função de um determinado espaço e, com isso, estabelecer barreiras físicas e psicológicas para inibir atividades que não são compatíveis com este espaço. Essa definição cria uma separação entre os usuários legítimos, que usam este local de forma adequada, e pessoas que desrespeitam essas regras, o que facilita a identificação de possíveis agressores. Um exemplo de barreira psicológica a usuários ilegítimos de um espaço público é, em um estacionamento, definir bem as vagas e a sinalização de trânsito, isso deixa claro que a função deste ambiente é ser um local onde motoristas podem deixar seus carros e inibe outras atividades. Nesse mesmo exemplo, um sujeito que passa muito tempo vagando por um estacionamento pode ser facilmente reconhecido e os usuários legítimos do espaço ficaram mais atentos. Outra forma de aplicar a territorialidade em espaços públicos é criar campanhas que dividam a responsabilidade sobre esses espaços com as pessoas que o frequentam. [5]

1.2.3. Controle de acesso

O controle de acesso tem como objetivo evitar a presença de pessoas em um local no qual elas não têm uma razão clara para estar. Essa atitude dificulta o acesso a possíveis vítimas e eleva a percepção de risco para os agressores.

Exemplos dessa estratégia são portas e fechaduras, seguranças e cancelas automáticas em estacionamentos. [6] Mais uma vez, esse conceito tem sua aplicação dificultada em espaços públicos, porém ainda é possível aplicá-lo. Por exemplo, uma área pública pode ser desenhada de forma que a entrada e a saída deste local seja feita somente por uma rua, como é feito nas superquadras de Brasília.

1.2.4. Manutenção

Um ambiente bem conservado transmite a informação de que este é um local pelo qual as pessoas que ali convivem demonstram cuidado. Esse é um sinal que aumenta a percepção de risco para os agressores, pois, já que as pessoas se importam com o que acontece naquele local, é mais provável que haja uma testemunha presente no momento que ocorrer algum ato ilícito. [7] As pessoas que frequentam esse espaço também percebem a esse sinal e se sentem mais seguras, o que estimula a ocupação deste e cria mais barreiras para criminosos. Um exemplo de aplicação prática desse princípio foi feito na cidade de Nova York no final da década de 1980, quando a prefeitura estabeleceu uma política de tolerância zero com pichações. Estudiosos afirmam que essa política foi essencial para a queda de 80% no número de homicídios nessa cidade entre 1990 e 2011. [8]

1.2.5. Influência da Iluminação

Apresentados os princípios da CPTED é possível perceber que a iluminação pública desempenha um papel muito importante na prevenção criminal. Do ponto de vista da vigilância natural, mesmo que, durante o dia um determinado lugar apresente excelentes condições de vigilância, é impossível que as pessoas possam ver ou serem vistas durante a noite sem uma iluminação adequada. A iluminação também pode definir quais são os ambientes onde a presença de pessoas é ou não aceitável e a falta de iluminação adequada transmite a mensagem de que os usuários de um espaço não se importam com o que acontece ali, o que é um incentivo para que crimes ocorram neste local. Além do ponto de vista de segurança, uma boa iluminação pode evitar acidentes como, por exemplo, um pedestre pisar em um defeito em uma calçada e sofrer alguma lesão.

1.3. Luminotécnica

Explicados os conceitos relativos à influência da iluminação na segurança do ambiente, alguns conhecimentos são necessários para elaborar um projeto de iluminação pública, e eles são discutidos a seguir.

1.3.1. Fluxo luminoso (ϕ)

O fluxo luminoso é a quantidade de luz visível emitida por uma fonte luminosa em todas as direções em um segundo. A unidade para medir essa grandeza é o lúmen (lm). [9]

1.3.2. Iluminância (E)

A iluminância é a relação entre o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície e a área desta superfície. Ou seja, é a densidade de fluxo luminoso sobre uma determinada superfície. Também chamada de iluminamento, sua unidade de medida é o lux (lx). [9]

$$lux = lumen / m^2$$

As medidas de iluminância são feitas com um equipamento chamado luxímetro, que é um fotômetro calibrado em lux. A medida de iluminância de vias públicas é normatizada pela NBR 5101 [10] e deve ser feita segundo a imagem abaixo:

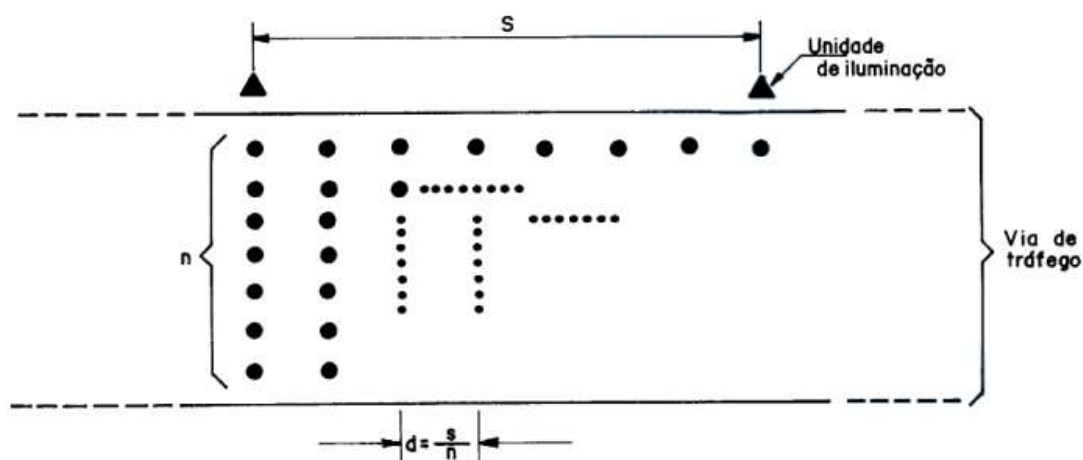


Figura 3 - Malha de medição de iluminância

Onde cada um dos círculos maiores representa um ponto onde a medição deve ser feita, S é a distância entre duas luminárias consecutivas e n é o número de pontos transversais de medida. Para fazer essas medidas de forma adequada, o luxímetro deve ser colocado a uma altura de 0,75m. A iluminância média é obtida calculando-se a média aritmética das iluminâncias de cada ponto. A iluminância média, identificada neste trabalho como (E_m) é utilizada como valor de referência na grande maioria dos projetos. Outro valor que é muito importante em um projeto luminotécnico é o menor valor de iluminância, chamada de iluminância mínima e representado por (E_{min}) . Para que seja possível reconhecer um rosto, a iluminância média deve ser maior ou igual a 20 lux.

1.3.3. Fator de uniformidade

O fator de uniformidade indica quão bem distribuída é a iluminância de uma determinada área. Como, normalmente, as fontes de luz possuem dimensões finitas em relação à superfície de medida, é esperado que a iluminância assuma valores diferentes para diferentes pontos na superfície. Porém, essa diferença precisa ter um limite, caso contrário haveria pontos muito escuros em uma dada superfície, o que pode ser um problema. O fator de uniformidade mais utilizado é obtido dividindo-se o menor valor de iluminância pela iluminância média e é representado pela símbolo U_0 . [11]

$$U_0 = E_{min}/E_m$$

Outra forma de calcular o fator de uniformidade é comparando o valor de iluminância mínima com o maior valor medido de iluminância, porém esta forma é menos utilizada.

Para iluminação pública, os valores típicos de fator de uniformidade variam entre 0,2 e 0,3. Como este trabalho busca uma iluminação pública de alta qualidade, o valor escolhido como critério para esta medida será de 0,3. [12]

1.3.4. Referências normativas

As normas que foram consideradas relevantes para este estudo foram a NBR 5413 – Iluminância de Interiores, que apesar de ter sido substituída pela NBR IEC 5995-1 ainda é a única que estabelece valores de iluminância para estacionamento e outras áreas externas a prédios. O valor de iluminância

mínimo considerado foi tirado da Tabela 1 da NBR 5413, que está mostrada abaixo:

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	<u>20</u> 30 - 50	<u>Áreas públicas com arredores escuros</u>
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios

Tabela 1 - Tabela de iluminâncias da NBR 5413

Porém, esta norma não estabelece critérios para o fator de uniformidade e foi necessário buscar outro referencial normativo para este valor. A norma utilizada foi a ND-3.4 – Projetos de Iluminação Pública da CEMIG. [12] Na tabela 12 desta norma estão os níveis de iluminância e uniformidade para pedestres, conforme mostrado abaixo:

Classe de Iluminação	Iluminância Horizontal Média (Lux) (E_{med})	Fator de Uniformidade Mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
P1 - Uso noturno muito intenso por pedestres	20	0,3
P2 – Uso noturno intenso por pedestres	10	0,25
P3 - Uso noturno pouco ou moderado por pedestres	5	0,25

Tabela 2 - Critérios para iluminação voltada a pedestres estabelecidos pela ND-3.4 da CEMIG

Por fins de segurança, as áreas analisadas serão enquadradas na categoria P1 – Uso noturno muito intenso por pedestres.

A última norma pertinente a esse estudo é a NBR 5101 – Iluminação Pública. Dela foram utilizados os critérios de medição de iluminação de vias públicas. Os valores de iluminância e fator de uniformidade estabelecidos nesta norma não foram utilizados pois eles estão voltados para vias onde há o movimento de carros, e não se aplicam a áreas onde há fluxo de pedestres nem a estacionamentos.

3. METODOLOGIA

Este capítulo descreve os métodos empregados no desenvolvimento do estudo, bem como os *softwares* que foram utilizados.

A primeira fase deste trabalho consiste na avaliação do sistema de iluminação existente. Nesta etapa, foi feito um levantamento das luminárias instaladas pelo *Campus* e esses dados foram utilizados em uma simulação no *software* Relux Pro para estimar os níveis de iluminância e uniformidade nas áreas analisadas.

Esses dados são utilizados na elaboração de propostas de melhorias para as áreas que não se adequam aos critérios estabelecidos. O resultado final deste estudo é um conjunto de sugestões de alterações no sistema de iluminação pública do *Campus* Darcy Ribeiro levando em consideração as áreas onde a situação é mais crítica.

Sintetizando o trabalho em poucas palavras:

- Para cada uma das áreas analisadas, será feito uma coleta de dados in loco. Os dados coletados serão a quantidade e tipo dos postes existentes e a potência das luminárias instaladas.
- Os dados coletados em campo serão utilizados em um *software* luminotécnico, que irá fazer uma simulação e calcular a iluminância para cada ponto das áreas analisadas. Com a iluminância de cada um dos pontos o *software* pode calcular a média aritmética desses valores e obter a iluminância média da área e, comparando esse valor com a menor iluminância de um ponto nesta área, obtém-se o valor do fator de uniformidade.
- Comparando os valores de iluminância média e fator de uniformidade com um critério pré-estabelecido, é feita uma avaliação que define se o sistema de iluminação da área é suficiente ou não.
- Caso a iluminação não seja suficiente, modificações na quantidade e potência das luminárias são feita no ambiente do próprio software. Uma nova simulação é feita e os valores de iluminância média e fator de uniformidade são novamente comparados com os

critérios pré-estabelecidos. Esse processo se repete até que os dois valores estejam dentro da faixa desejada.

- Esses passos se repetem para cada uma das áreas analisadas.
- Após analisar todas as áreas, os dados de cada uma delas são avaliados e é elaborada uma lista das áreas que mais necessitam de melhorias e quais modificações são necessárias para cada área, com o objetivo de direcionar os esforços dos responsáveis pelos sistemas de iluminação.

Para melhor ilustração da metodologia deste estudo, foram elaborados fluxogramas, que estão representados nas figuras abaixo, contendo todas as atividades realizadas ao longo do trabalho, que serão melhor detalhadas ao longo deste capítulo. No fluxograma, os retângulos representam os processos realizados, os paralelogramos representam os dados gerados por esses processos, os losangos representam as decisões tomadas e os trapézios representam os dados definidos pelo usuário.

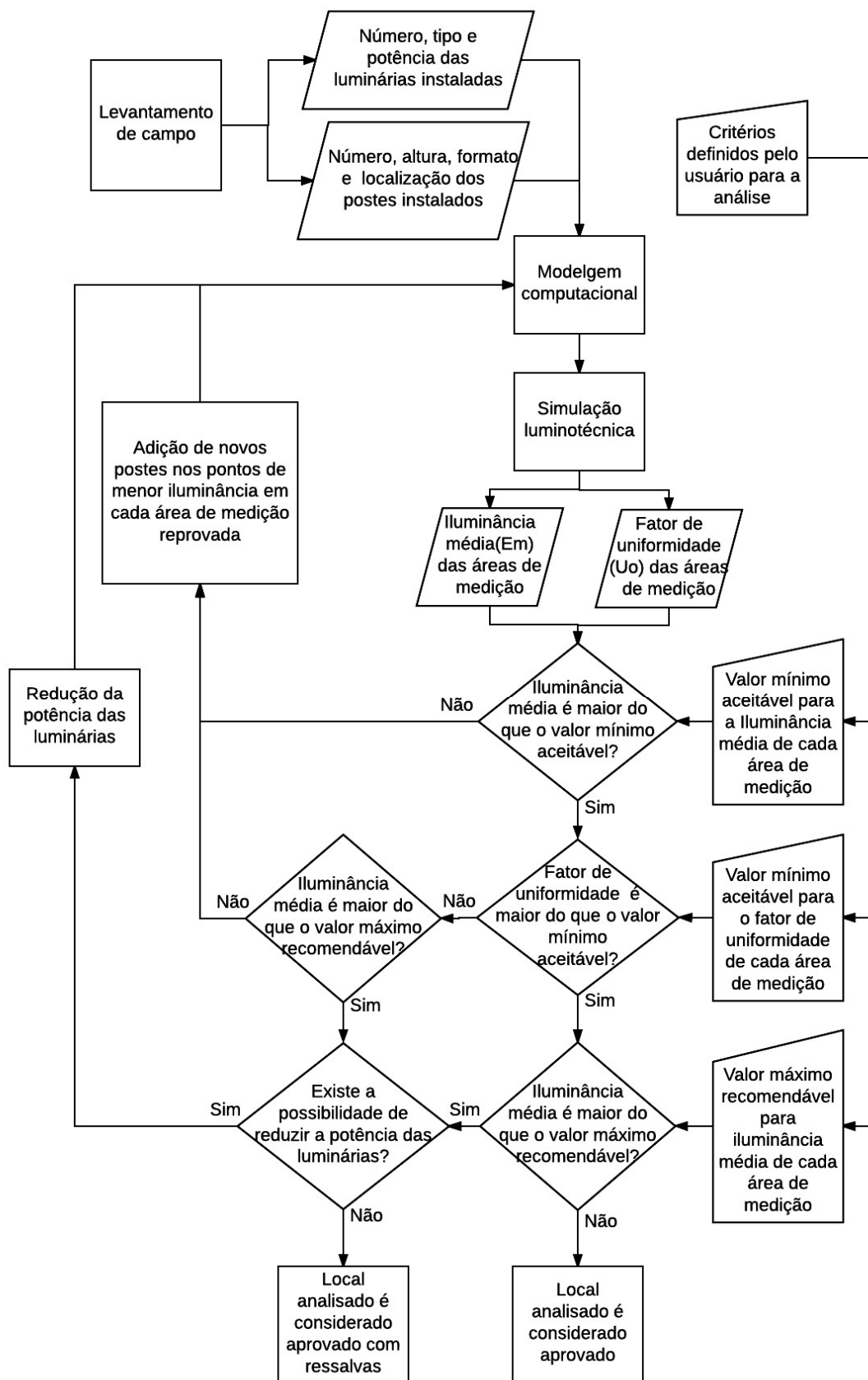


Figura 4 - Fluxograma descrevendo a metodologia realizada para a análise de cada um dos locais escolhidos

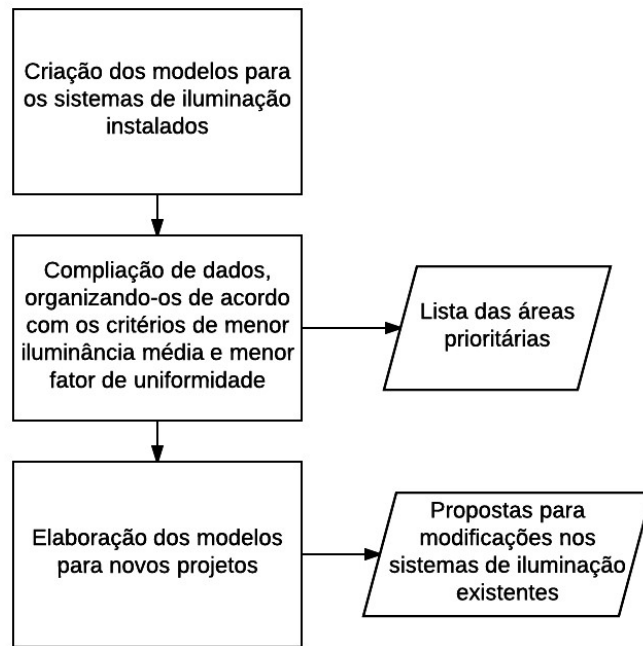


Figura 5 - Fluxograma referente ao tratamento dos dados de forma geral

1.4. Softwares utilizados

Este trabalho utiliza *softwares* como principais ferramentas. O funcionamento deles está explicado abaixo:

1.4.1. Google Earth

O Google Earth é uma ferramenta que compartilha imagens de satélite, informações sobre estradas e pontos turísticos, faz medidas de área e distância e informa rotas entre lugares, entre outras características. A principal função utilizada neste trabalho é a captura de imagens aéreas das áreas estudadas.

1.4.2. SketchUp

O SketchUp é uma ferramenta que cria modelos 3D de forma simples e rápida. Ele foi utilizado para criar os modelos dos postes utilizados neste trabalho.

1.4.3. Relux Pro

Este foi o programa utilizado para fazer os modelos e os cálculos luminotécnicos, e é possível afirmar que esta é a principal ferramenta deste trabalho. A escolha deste *software* entre os principais programas para esta

função foi feita com base na comparação entre os resultados gerados pelo programa com os resultados realmente medidos. O Relux Pro atingiu valores muito próximos dos reais e, por causa da maior familiaridade com este programa em relação aos outros *softwares* disponíveis no mercado como, por exemplo, DIALux, AGI32 e Radiance, foi escolhido. [13]

Ele possui uma extensa biblioteca com modelos de luminárias disponibilizadas pelas principais empresas do ramo da iluminação. O modelo de uma luminária inclui informações sobre como a luz produzida por esta se distribui no espaço, qual é potência consumida e a eficiência luminosa das lâmpadas entre outros dados relevantes para estudos luminotécnicos. Definido um ponto para a inserção da luminária no modelo, este software consegue determinar qual a incidência de luz produzida por ela em cada um dos pontos do modelo. No caso de haver múltiplas luminárias, o programa faz o cálculo da iluminância incidente em todos os pontos do modelo produzida por cada uma delas, para, posteriormente, somar todas essas informações.

O Relux Pro também permite a criação das chamadas áreas de medição, o que é uma funcionalidade muito útil para calcular as informações referentes a um espaço bidimensional. Essa função foi utilizada neste trabalho para simular calçadas, estacionamentos e outras áreas de interesse. Como o programa consegue simular as iluminâncias de cada ponto dentro de uma área de medição, ele pode calcular também a iluminância média, máxima e mínima e, com isso, é possível saber também o fator de uniformidade. Esses dados podem ser mostrados em forma de tabelas numéricas ou diagramas que representam a diferença de iluminância através de um esquema de cores.

Outra função utilizada neste trabalho foi a criação de elementos tridimensionais. Ela foi usada para calcular a influência que prédios e outras construções têm sobre a iluminação e a presença de sombras.

1.5. Definição dos locais

O local de realização deste estudo é o *Campus* Darcy Ribeiro, porém, apenas as áreas onde existe um fluxo de pessoas durante o período noturno foram analisadas.

O critério utilizado para definir se existe ou não um fluxo noturno de pessoas foi a existência de aulas durante esse período. Se, em um determinado prédio são apresentadas aulas durante a noite, este prédio foi selecionado para o estudo e suas áreas adjacentes são objeto deste trabalho.

Para obter um resultado ainda mais efetivo apenas as áreas onde é previsto o fluxo de pessoas, por exemplo, calçadas, estacionamentos, paradas de ônibus, etc., foram analisadas.

1.6. Captura de imagens

Para auxiliar no levantamento de campo dos postes existentes foram capturadas imagens dos locais escolhidos. Esse processo foi feito com o auxílio da ferramenta Google Earth e as imagens geradas foram impressas.

Essas imagens também foram úteis no processo de simulação, já que o *software* luminotécnico permite a importação de imagens de fundo para referenciar as luminárias nas áreas analisadas.

1.7. Levantamento de campo

Os locais escolhidos foram visitados e as informações de interesse do estudo foram colhidas.

As informações colhidas em cada um dos locais foram:

- Ponto de instalação dos postes
- Modelo dos postes
- Potência das luminárias

O ponto de instalação dos postes foi marcado nas imagens aéreas obtidas no procedimento anterior. O modelo dos postes foi obtido através de uma comparação visual com os modelos descritos na NTD 3.09 da CEB [14] e no trabalho realizado por Pereira e Piccirilli [9]. A potência das luminárias pode ser obtida através da etiqueta identificadora localizada em cada uma das luminárias, de acordo com a NTD 3.38 da CEB [15].

1.8. Modelagem dos postes

Para uma maior precisão dos cálculos luminotécnicos, foi necessário criar modelos 3D para os postes presentes nas instalações estudadas. Isso foi feito

através da ferramenta SketchUp usando como referência para as medidas a NTD 3.09 da CEB [14] e o trabalho de Pereira e Piccirilli [9].

1.9. Escolha dos modelos das luminárias

Os postes do *Campus* utilizam luminárias da marca REPUME [9], que não está entre os modelos disponíveis na biblioteca do Relux Pro. Por isso, foram escolhidos os modelos de luminárias disponíveis mais parecidos com os instalados na UnB.

A potência considerada para cada luminária foi a indicada nas etiquetas da CEB presentes na base de cada luminária. Quando a etiqueta não estava presente, foi feita uma estimativa com base no tamanho da lâmpada e observação de seu funcionamento durante a noite.

1.10. Modelos Luminotécnicos

No Relux Pro, os modelos de postes e luminárias são dispostos sobre as imagens aéreas geradas anteriormente, sempre buscando estar o mais próximo da real posição desses objetos nas áreas reais.

Com as luminárias distribuídas pelo modelo, foram definidas as áreas de medição. Elas foram criadas sobre locais de interesse do estudo, como praças, estacionamentos, calçadas e faixas de pedestre e outros lugares por onde é esperado que haja fluxo de pessoas durante a noite. Para obter uma simulação que atenda aos critérios da NBR IEC 8995-1, a altura das áreas de medições é fixada em 0,75m.

1.11. Adequação das instalações existentes

Com os modelos luminotécnicos prontos e com base nos valores de iluminância média e fator de uniformidade gerados pelas simulações, foi elaborado um novo projeto para cada uma das áreas que não atendiam aos critérios mínimos de qualidade da iluminação.

As modificações propostas foram: instalação de novos postes e alteração da potência das luminárias. Em alguns casos foi sugerida a retirada de postes existentes, porém este recurso foi utilizado apenas em último caso. A luminária escolhida como padrão das novas instalações é Phillips Aurora. As sugestões para as novas lâmpadas buscam manter o padrão já instalado com o objetivo de

facilitar as futuras manutenções no sistema de iluminação tanto para a escolha da potência quanto para o tipo delas, que, em geral, são do tipo vapor de sódio [9]. Já para a escolha de postes foi utilizado o padrão estabelecido pela CEB, com postes curvos de 7,5m de altura, para áreas abertas como praças e estacionamento, e postes de 5m de altura para a iluminação de calçadas e outros caminhos estreitos. Essas escolhas tiveram como objetivo melhorar a distribuição de luz proveniente das luminárias.

Os limites considerados para os novos projetos são: iluminância média maior ou igual a 20 lux e fator de uniformidade maior ou igual a 0,3. Também foi estabelecido um limite máximo recomendado de iluminância pois, em alguns casos, por causa da iluminação já existente, é necessário uma iluminância média muito alta para atingir o fator de uniformidade adequado, e isso representaria um consumo de energia elétrica além do necessário.

1.12. Tabelamento de Dados

Os dados obtidos nas simulações foram comparados com o objetivo de avaliar quais áreas estavam dentro dos critérios estabelecidos e quais necessitavam de melhorias em seu sistema de iluminação. Os critérios utilizados para definir se uma área de medição possui ou não um sistema de iluminação suficiente são: iluminância média maior ou igual a 20 lux e fator de uniformidade maior ou igual a 0,3.

1.13. Avaliação das áreas prioritárias

Com o objetivo de direcionar os investimentos em iluminação para os locais que mais precisam, este trabalho propõe uma lista de áreas prioritárias, que são os locais com menores indicadores de qualidade de iluminação. O critério para definir quais seriam as áreas prioritárias foi o seguinte: menor iluminância média, e fator de uniformidade, por ordem decrescente.

1.14. Hipóteses simplificadoras

Ao longo deste trabalho, algumas hipóteses simplificadoras foram assumidas. São elas:

- A potência das luminárias foi considerada como se fosse a indicada pelas etiquetas existentes em cada uma delas. Nos casos onde a

etiqueta não estava disponível, foi feita uma estimativa de acordo com o tamanho das luminárias e de seu brilho durante a noite.

- O tamanho dos postes foi considerado igual ao padrão da CEB.
- As árvores e outras fontes de sombreamento não foram consideradas nesse estudo, bem como eventuais desníveis no solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é apresentado um exemplo da aplicação da metodologia proposta por este trabalho. Também serão apresentados a consolidação dos dados para todas as áreas avaliadas.

1.15. Modelagem dos postes

As simulações presentes neste trabalho incluem os seguintes modelos de postes:

- Poste de aço curvo simples de 5m de altura, modelo PA-001;
- Poste de aço curvo duplo de 5m de altura, modelo não presente nas normas da CEB;
- Poste de aço curvo duplo de 6m de altura, modelo não presente nas normas da CEB;
- Poste de aço curvo simples de 7,5m de altura, modelo PA-003;
- Poste de aço curvo duplo de 7,5m de altura, modelo PA-004;
- Poste de aço curvo simples de 10m de altura, modelo PA-005;
- Poste de aço curvo duplo de 10m de altura, modelo PA-006;
- Poste de aço reto engastado de 9,6m de altura, modelo PA-009;
- Poste de aço reto engastado de 13,8m de altura, modelo PA-011;
- Poste de concreto com braço longo simples, de 7m de altura;
- Poste de concreto com braço longo duplo, de 7m de altura; e
- Poste de concreto reto engastado de 13,6m de altura, modelo PC-002.

Os modelos de cada um desses postes está presente no anexo III deste trabalho.

1.16. Escolha dos modelos de luminárias

Para manter uma padronização, foram selecionados modelos da marca Phillips. Foram eles:

- Luminária Aurora, com lâmpada de 100W;
- Luminária Aurora, com lâmpada de 150W;
- Luminária Aurora, com lâmpada de 250W;
- Luminária SGS203, com lâmpada de 125W;

- Luminária Koffer SGP100, com lâmpada de 250W;
- Luminária Selenium, com lâmpada de 400W;
- Luminária Metronomis Berlin, com lâmpada de 50W; e
- Luminária HNF901, com lâmpada de 250W.

Os modelos das luminárias utilizadas neste trabalho estão no anexo II. As luminárias das famílias Aurora e Selenium foram escolhidas para os postes em áreas como estacionamentos, ruas com movimento de carros e calçada, as luminárias SGS203 e Koffer foram aplicadas em lugares similares aos da família Aurora, porém elas representam modelos mais antigos de luminária, a família Metronomis foi escolhida para simular os globos e a luminária HNF901 simulam os refletores que estão presentes em algumas fachadas de prédios no *Campus*. Exceto quando for explicitado, as lâmpadas serão do tipo vapor de sódio.

1.17. Definição dos locais

A áreas indicadas na imagem abaixo foram escolhidas para ser objeto deste estudo, com foco principal em seus estacionamentos.



Figura 6 - Áreas analisadas

- 1) Centro Comunitário
- 2) BAES e BSAN
- 3) Pavilhões Anísio Teixeira e João Calmon

- 4) Faculdade de Direito
- 5) BCE
- 6) ICC Norte
- 7) Faculdade de Tecnologia
- 8) Restaurante Universitário
- 9) Instituto de Música
- 10) Casa do professor, SG 09, SG 11 e SG 10
- 11) Instituto de Artes
- 12) ICC Sul
- 13) Faculdade de Saúde
- 14) Instituto de Química

Por causa da grande extensão da área do *Campus* e da limitação de tempo não foi possível analisar todos os estacionamentos e praças deste local. Porém, os prédios com o maior número de cursos e, consequentemente, maior número de pessoas, foram contemplados por este estudo.

1.18. Modelos Luminotécnicos

Para exemplificar a metodologia utilizada será apresentado de forma completa apenas os dados de uma área de análise. Os dados obtidos na análise de todas as áreas está presente no anexo I deste trabalho.

A área escolhida para servir de exemplo é o estacionamento nordeste da Faculdade de Tecnologia, localizado entre a FT e o ICC Norte, que, nesse trabalho foi chamado de FT – Estacionamento 3.

Para facilitar a representação das luminárias nas imagens foi criada uma legenda que está explicada na figura a seguir.

Legenda













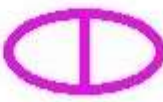

	Poste simples de 5m de altura		Luminária de potência menor do que 100W
	Poste duplo de 5m de altura		Luminária de 100W
	Poste duplo de 6m de altura		Luminária de 125W
	Poste simples de 7,5m de altura		Luminária de 150W
	Poste duplo de 7,5m de altura		Luminária de 250W
	Poste simples de 10m de altura		Luminária de 400W
	Poste de mais de 10m de altura		Duas luminárias de 150W montadas sobre um poste duplo de 5m de altura
	Refletor instalado em fachada		

Figura 7 - Legenda utilizada para a representação de postes e luminárias

O sistema que está instalado atualmente está representado na figura a seguir.

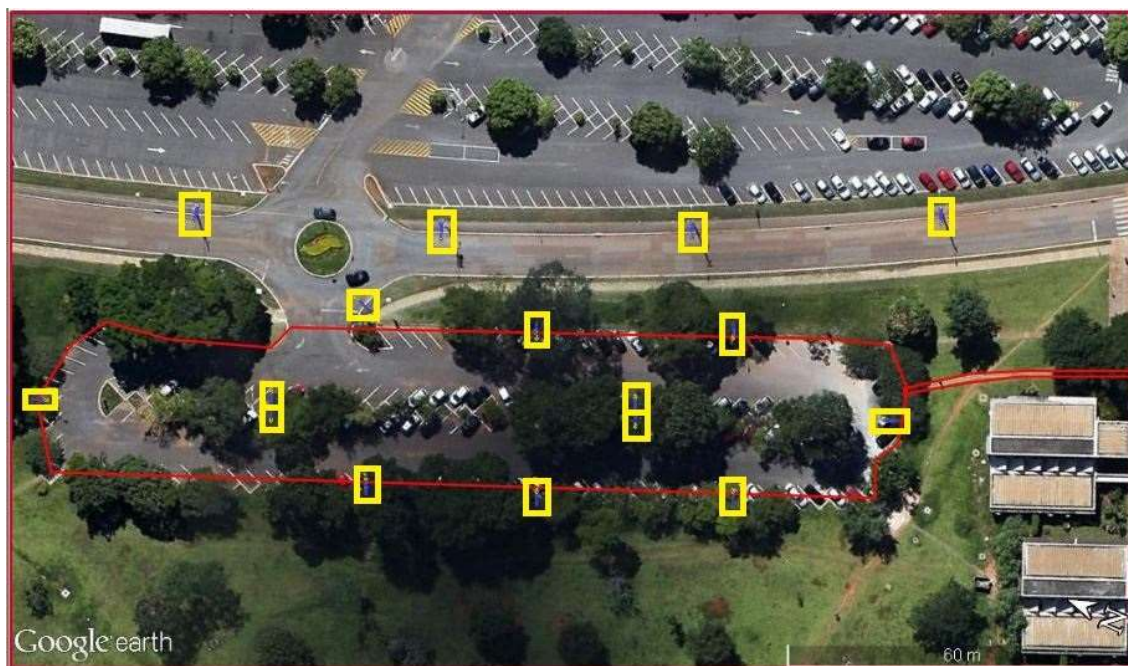


Figura 8 - Estacionamento 3 da FT - Sistema instalado

Nesta área estão instaladas 16 luminárias de 250W, sendo que as luminárias localizadas no estacionamento foram montadas sobre postes dos modelos PA-003 e PA-004 e as luminárias da via foram montadas sobre postes de concreto com braço longo simples. Como todas as luminárias têm a mesma potência e estão montadas em postes com alturas semelhantes, elas são simbolizadas pela mesma legenda. As áreas onde a análise foi feita estão delimitadas pelas linhas vermelhas.

Considerando o tipo e a localização dos postes existentes, bem como as luminárias, foi feito o modelo no Relux Pro, e a simulação teve o seguinte resultado:

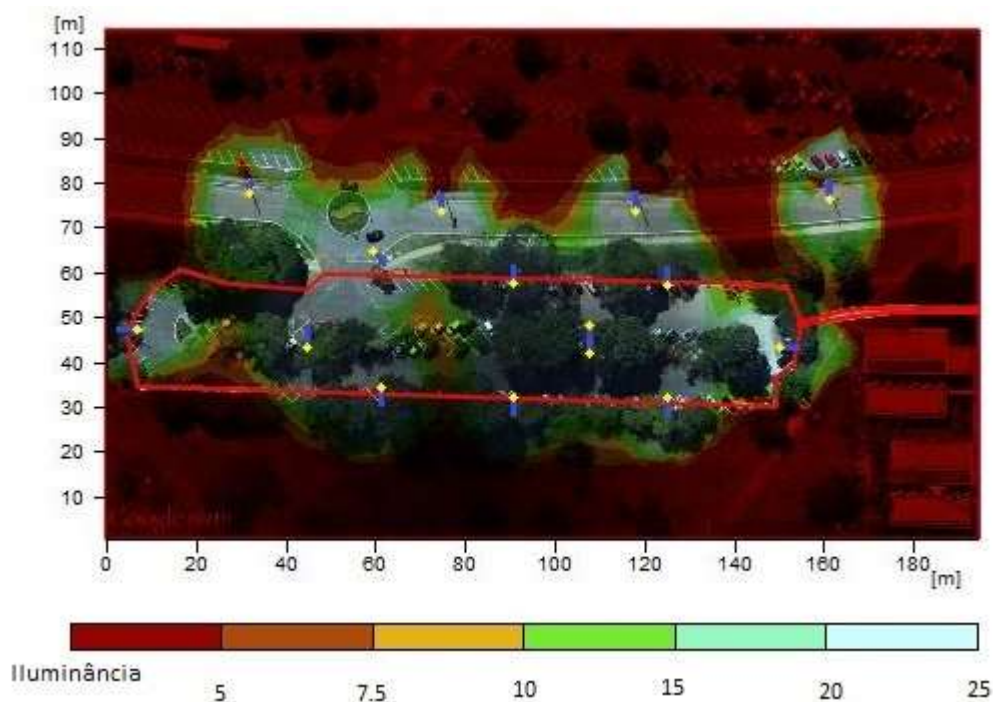


Figura 9 - Estacionamento 3 da FT - Resultados da simulação

Descrição	Em (lx)	Uo
Estacionamento	39	0,08
Calçada de acesso à FT	4	0,04

Tabela 3 - Estacionamento 3 da FT - Resultados da simulação

A simulação indica que a iluminação dessas áreas não atende aos critérios estabelecidos para este estudo. O estacionamento tem uma iluminância média de 39lx, o que é quase o dobro do valor suficiente, porém ele apresenta um fator de uniformidade muito baixo, o que indica que o projeto utiliza lâmpadas mais potentes do que o necessário e que poderiam ser melhor distribuídas.

1.19. Adequação das instalações existentes

Para resolver os problemas apresentados pelo sistema original, foi elaborado um novo projeto, que está disponível na imagem a seguir, sendo que as novas luminárias foram marcadas por setas vermelhas.

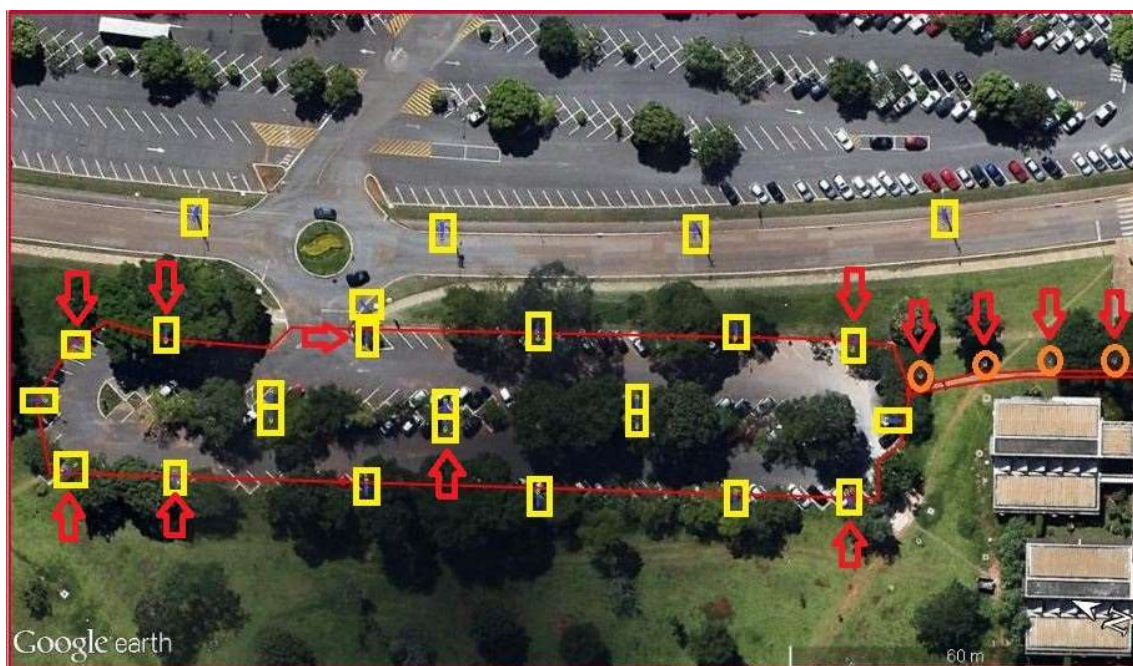


Figura 10 - Proposta de adequação do sistema de iluminação

Em relação ao sistema original, foram adicionadas 9 luminárias de 250W, sendo 7 delas em postes simples, reforçando a iluminação no perímetro do estacionamento, e 2 luminárias em um poste duplo, colocado no centro do estacionamento. Além dessas, foram adicionadas 4 luminárias de 100W montadas sobre postes de 5m de altura, simbolizadas pelas elipses laranjas, para iluminar a calçada de acesso à FT.

Com essa configuração, a simulação entregou o seguinte resultado:

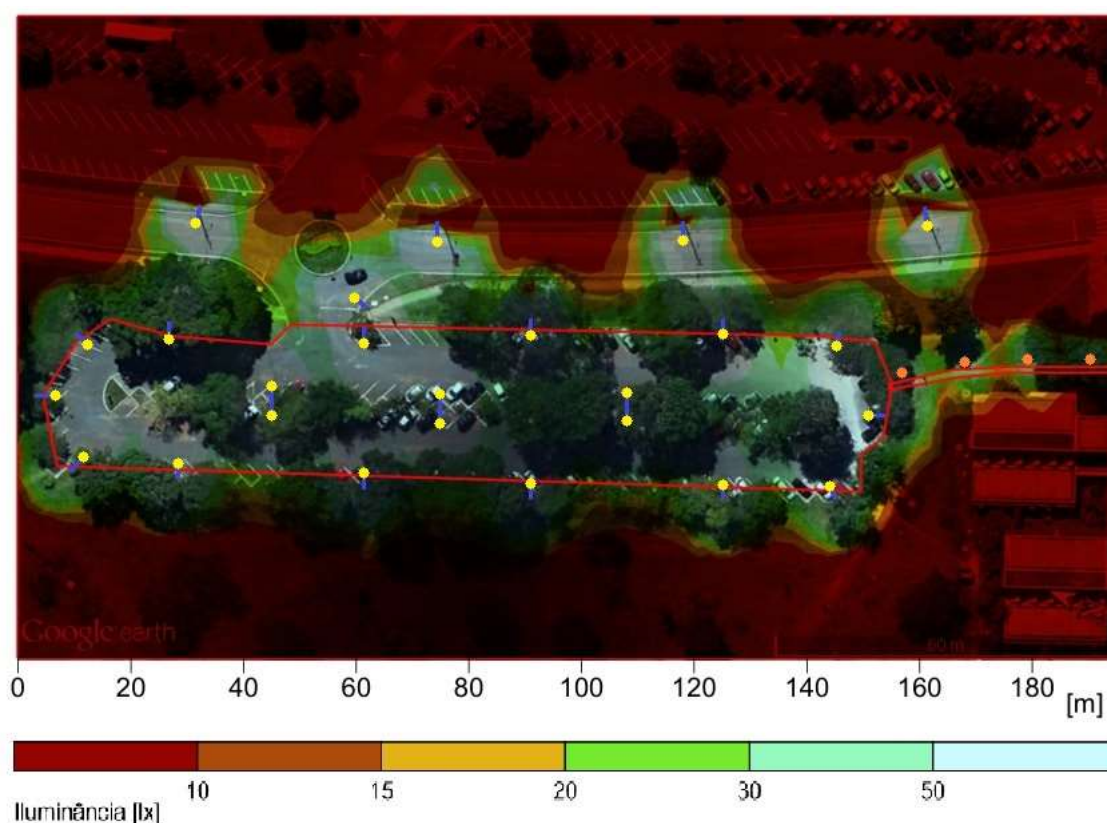


Figura 11 - Resultados da simulação

Descrição	Em (lx)	Uo
Estacionamento	68	0,34
Calçada de acesso à FT	34	0,40

Tabela 4 - Resultados para o sistema modificado

As novas luminárias foram inseridas no modelo computacional nos pontos de menor iluminância da área analisada. Isso foi feito para aumentar de maneira mais efetiva o fator de uniformidade. A opção de usar luminárias de 250W foi feita para manter o padrão já instalado, porém, para atingir o fator de uniformidade mínimo, os níveis de iluminância estão muito acima nos níveis necessários, o que indica que essa proposta poderia iluminar esta área com qualidade utilizando uma potência menor. Esse excesso de potência representa um aumento indesejado nas contas de energia e, conseqüentemente, um maior gasto do dinheiro público. Por isso, além da instalação de novos postes, optou-se trocar as luminárias de 250W por luminárias de 150W, o que pode ser feito trocando-se as lâmpadas, o que representa um custo relativamente baixo.

Utilizando luminárias de 150W, o resultado é o seguinte:

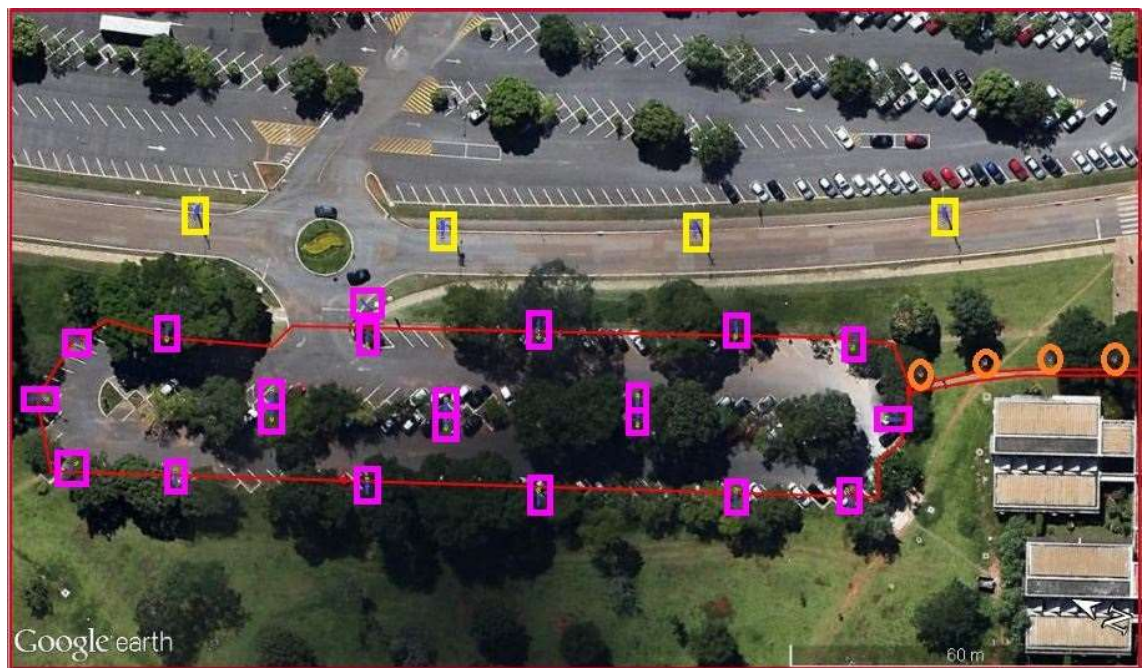


Figura 12 - Alterações na potência das luminárias

E os resultados da simulação foram os seguintes:

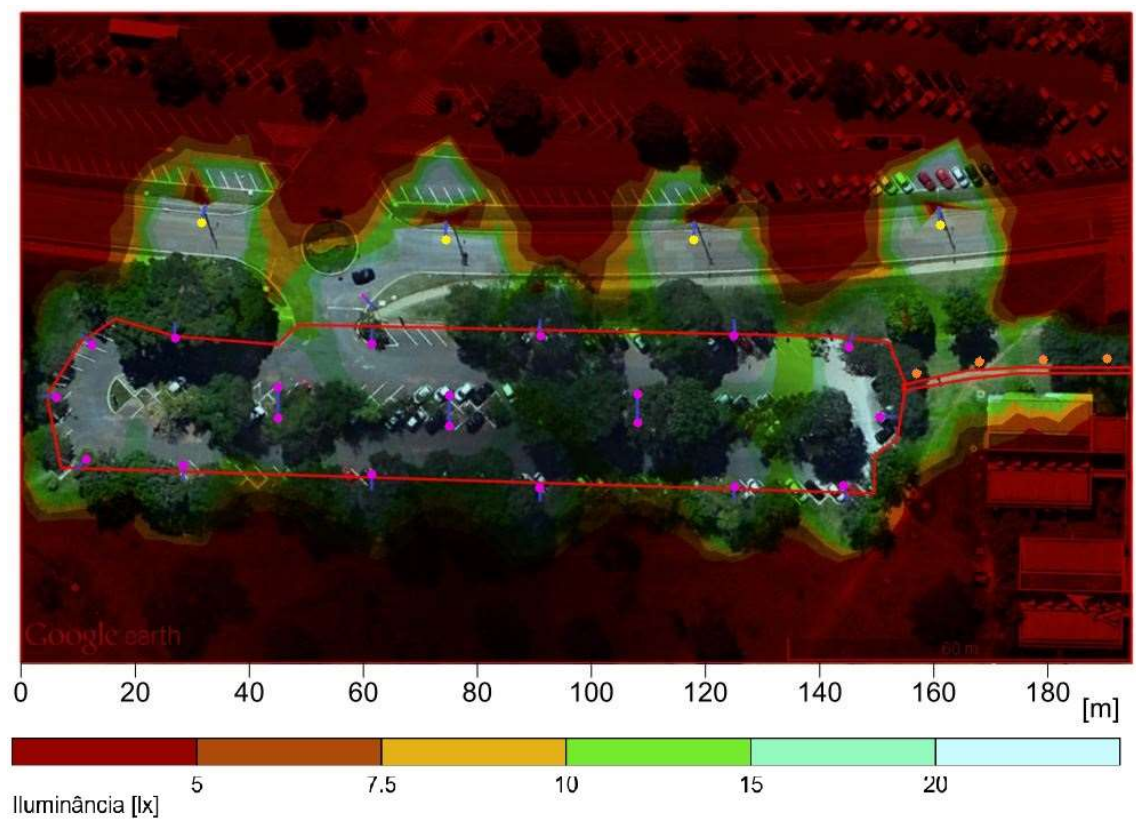


Figura 13 - Resultados com as luminárias de 150W

Descrição	Em (lx)	Uo
Estacionamento	27	0,35
Calçada de acesso à FT	32	0,42

Tabela 5 - Resultado da configuração com luminárias de 150W

Mesmo com a diminuição das potências das luminárias, essa configuração atende os requisitos mínimos de projeto.

Uma das possibilidades de avaliação para saber qual das opções de sistema de iluminação é mais adequada é comparar a potência instalada em cada um dos sistemas. Essa comparação está na tabela abaixo:

Caso analisado	Número de Luminárias de acordo com a potência das lâmpadas				Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
	100W	150W	250W	400W		
Instalado	-	-	16	-	4.000	0%
Proposta de modificação 1	4	-	25	-	6.650	66%
Proposta de modificação 2 (com luminárias de 150W)	4	21	4	-	4.550	14%

Tabela 6 - Comparação da potência instalada para todos os casos

Usando apenas a potência instalada como critério de escolha, o projeto que inclui a manutenção do sistema instalado, a inclusão de novos postes e a troca das lâmpadas de 250W por 150W se mostra uma boa opção, já que apresenta o menor acréscimo de potência dentre as propostas que atendem aos critérios estabelecidos.

Dessa análise foram tiradas algumas diretrizes básicas para a elaboração dos projetos das outras áreas estudadas. São elas:

- Calçadas serão iluminadas por luminárias de 100W montadas sobre postes de 5m distantes entre si, aproximadamente, 10m;
- Após a instalação de novos conjuntos de luminárias e postes, se os níveis de iluminância estiverem acima do valor de 40 lux, que é o limite máximo recomendado, será avaliada a possibilidade de reduzir a potência das luminárias do modelo.

1.20. Avaliação das áreas prioritárias

Após modelar todas as áreas analisadas e tabelar os dados, foi possível avaliar quais as áreas de medição atendiam aos critérios de iluminância média maior ou igual a 20 lux e fator de iluminância maior ou igual a 0,3 e quais áreas não atendem a esses critérios. Separando as áreas aprovadas e reprovadas em tabelas diferentes, tem-se os seguintes resultados:

Local	Área de medição	Descrição	Em (lx)	Uo
BCE - Estacionamento 1	1	Estacionamento	28	0,3
BCE - Estacionamento 1	2	Praça	25	0,4
BCE - Estacionamento 1	3	Parada de ônibus Oeste	57	0,5
BCE - Estacionamento 1	4	Parada de ônibus Leste	57	0,4
BCE - Estacionamento 1	7	Calçada Oeste	33	0,4
Casa do Professor e SGs	2	Parada de ônibus do SG-09	109	0,3
FE - Parte 2	2	Calçada de acesso	51	0,3
FS - Estacionamento 1	6	Parada de Ônibus	149	0,3
FS - Estacionamento 1	7	Faixa de Pedestre	48	0,4
ICC Norte	2	Parada de ônibus MASC	83	0,4
ICC Sul	20	Parada de ônibus	69	0,4
Postinho	1	Faixa de Pedestre	59	0,3
RU	8	Acesso Entrada ICC Sul	23	0,3

Tabela 7 - Áreas de medição aprovadas

E as áreas que foram reprovadas, organizadas segundo os critérios de menor iluminância média e, como critério de desempate, menor fator de uniformidade, estão na tabela abaixo:

Onde	Área de medição	Descrição	Em (lx)	Uo
ICC Norte	19	Faixa de Pedestre	1	0,5
RU	7	Praça BB	2	0,1
ICC Norte	11	Estacionamento	3	0,1
RU	6	Praça IdA	3	-
FT - Estacionamento 3	2	Calçada de acesso	4	0,1
ICC Sul	8	Estacionamento	5	0,4
ICC Norte	12	Estacionamento	5	0,1

Tabela 8a - Áreas de medição reprovadas

Onde	Área de medição	Descrição	Em (lx)	Uo
ICC Sul	18	Calçada MASC	5	0,1
Instituto de Música	9	Estacionamento Oeste	5	0,3
FT - Estacionamento 1	3	Entrada Auditório	6	0,7
ICC Sul	7	Estacionamento	7	0,2
IdA	8	Faixa de Pedestre	7	0,6
ICC Sul	1	Calçada ICC	8	0,1
ICC Sul	19	Calçada BSAS	8	0,1
Instituto de Música	2	Praça	9	0,1
ICC Sul	2	Estacionamento	9	0,2
ICC Norte	5	Estacionamento	9	0,3
ICC Sul	9	Estacionamento	10	0,2
IQ	3	Estacionamento - Leste	10	0,3
BCE - Estacionamento 2	1	Estacionamento	11	0,2
IQ	2	Estacionamento - Centro	11	0,3
ICC Sul	11	Estacionamento	11	0,3
RU	2	Praça Oeste	12	0,1
ICC Sul	10	Estacionamento	12	0,2
ICC Norte	4	Calçada ICC	13	0,1
ICC Sul	3	Estacionamento	13	0,2
IdA	5	Estacionamento Santander	14	0,1
Instituto de Música	5	Calçada RU	14	0,3
IdA	3	Estacionamento Banco do Brasil	14	0,1
Instituto de Música	14	Calçada Interna	14	0,3
ICC Sul	12	Estacionamento	15	0,3
ICC Sul	17	Estacionamento	15	0,2
Instituto de Música	4	Faixa de Pedestre	15	0,1
FT - Estacionamento 2	5	Calçada árvores	16	0,2
BCE - Estacionamento 2	2	Calçada	17	0,1
Instituto de Música	7	Estacionamento Sudeste	17	0,1
ICC Norte	18	Calçada MASC	18	0,1
IdA	1	Praça	18	0,1
Centro Comunitário	1	Estacionamento	18	-
ICC Sul	4	Estacionamento	19	0,1
ICC Norte	1	Geral	19	-
ICC Norte	10	Estacionamento	19	0,1
Casa do Professor e SGs	3	Estacionamento SG-11	20	0,1
IdA	2	Calçada Estacionamento Música	20	0,1
PAT e PJC	5	Estacionamento entre PJC e MASC	20	0,1

Tabela 8b - Áreas de medição reprovadas

Onde	Área de medição	Descrição	Em (lx)	Uo
BCE - Estacionamento 1	6	Calçada de acesso ao subsolo da BCE	21	0,1
ICC Norte	17	Estacionamento	21	-
FS - Estacionamento 1	1	Estacionamento - Norte	21	0,1
FS - Estacionamento 1	3	Estacionamento - Sul	21	0,1
ICC Sul	13	Estacionamento	21	0,2
ICC Sul	6	Estacionamento	22	-
RU	3	Praça	22	0,1
IQ	1	Estacionamento - Oeste	22	0,1
BAES e BSAN	1	Estacionamento	23	0,1
ICC Norte	16	Estacionamento	23	0,1
Instituto de Música	3	Calçada RU	23	0,1
FT - Estacionamento 2	4	Estacionamento L3 - Norte	23	0,1
ICC Norte	15	Estacionamento	23	0,1
Instituto de Música	1	Estacionamento Nordeste	23	0,2
ICC Norte	8	Estacionamento	24	-
ICC Norte	7	Estacionamento	24	0,1
ICC Norte	14	Estacionamento	24	0,2
ICC Norte	6	Estacionamento	25	0,1
ICC Norte	9	Estacionamento	25	-
FS - Estacionamento 1	4	Estacionamento Nutrição - Sul	25	0,1
ICC Norte	13	Estacionamento	25	0,2
PAT e PJC	6	Estacionamento entre PJC e BAES	27	-
RU	4	Praça Principal	27	-
Instituto de Música	10	Calçada Interna	27	0,1
FS - Estacionamento 1	2	Estacionamento - Centro	27	0,1
ICC Sul	14	Estacionamento	27	0,2
Postinho	3	Calçada	28	-
FD	2	Estacionamento FD	28	0,1
Casa do Professor e SGs	4	Estacionamento SG-12	30	-
ICC Norte	3	Parada de ônibus FT	30	-
Instituto de Música	12	Calçada Interna	31	0,1
PAT e PJC	7	Estacionamento entre PJC e IPOL	31	0,1
ICC Sul	15	Estacionamento	33	0,1
Instituto de Música	11	Calçada Interna	33	-
Casa do Professor e SGs	5	Estacionamento SG-09	33	0,1
ICC Sul	5	Estacionamento	34	0,1
FS - Estacionamento 1	5	Estacionamento Nutrição - Norte	34	0,2
FE - Parte 2	1	Estacionamento	35	0,1

Tabela 8c - Áreas de medição reprovadas

Onde	Área de medição	Descrição	Em (lx)	Uo
PAT e PJC	3	Estacionamento entre PAT e PJC	35	0,1
IQ	5	Calçada Acesso IB	36	0,1
IdA	4	Calçada árvores	37	-
Instituto de Música	13	Calçada Interna	37	0,2
BCE - Estacionamento 1	5	Faixa de Pedestre	37	0,2
RU	1	Acesso Entrada ICC Norte	38	-
FT - Estacionamento 3	1	Estacionamento	39	0,1
PAT e PJC	2	Calçada Parada de ônibus	40	-
PAT e PJC	8	Estacionamento entre PAT e FACE	40	0,1
ICC Sul	16	Estacionamento	40	0,2
FE - Parte 1	1	Estacionamento Dois Candangos	41	-
FT - Estacionamento 1	4	Calçada	46	0,2
FT - Estacionamento 2	3	Estacionamento L3	46	0,2
PAT e PJC	1	Estacionamento CIC	48	-
IQ	4	Estacionamento - Nordeste	48	0,2
PAT e PJC	4	Estacionamento entre PAT e MASC	49	-
IdA	7	Calçada Estacionamento Música	49	0,1
FT - Estacionamento 1	1	Estacionamento	50	-
RU	5	Praça Leste	51	0,1
IdA	6	Calçada árvores	54	-
FT - Estacionamento 2	1	Estacionamento Bloco G	54	0,2
Casa do Professor e SGs	1	Estacionamento Casa do Professor	55	0,1
FT - Estacionamento 1	2	Entrada Guarita	58	0,1
Instituto de Música	8	Auditório	71	0,1
Postinho	2	Parada de ônibus	79	0,1
FT - Estacionamento 2	2	Calçada Engenharia da Produção	83	-
FD	1	Estacionamento FACE	86	-

Tabela 8d - Áreas de medição reprovadas

É possível ver que em alguns casos, apesar de área ter uma iluminância média muito acima dos níveis mínimos, elas não atendem os critérios de uniformidade. Isso indica que nessa área existem pontos de iluminação de grande potência e muito concentrados. Isso é considerado um problema pois indica a existência de pontos escuros nesta área, o que cria pontos onde pessoas mal-intencionadas podem se esconder para cometer algum ato ilícito, por isso essas áreas ainda precisam ter seus sistemas de iluminação renovados.

1.21. Considerações finais

Após produzir uma grande quantidade de dados, é necessário fazer uma análise geral. O gráfico abaixo mostra uma comparação percentual do número de áreas de medição aprovadas antes e depois das modificações sugeridas em cada um dos locais analisados.

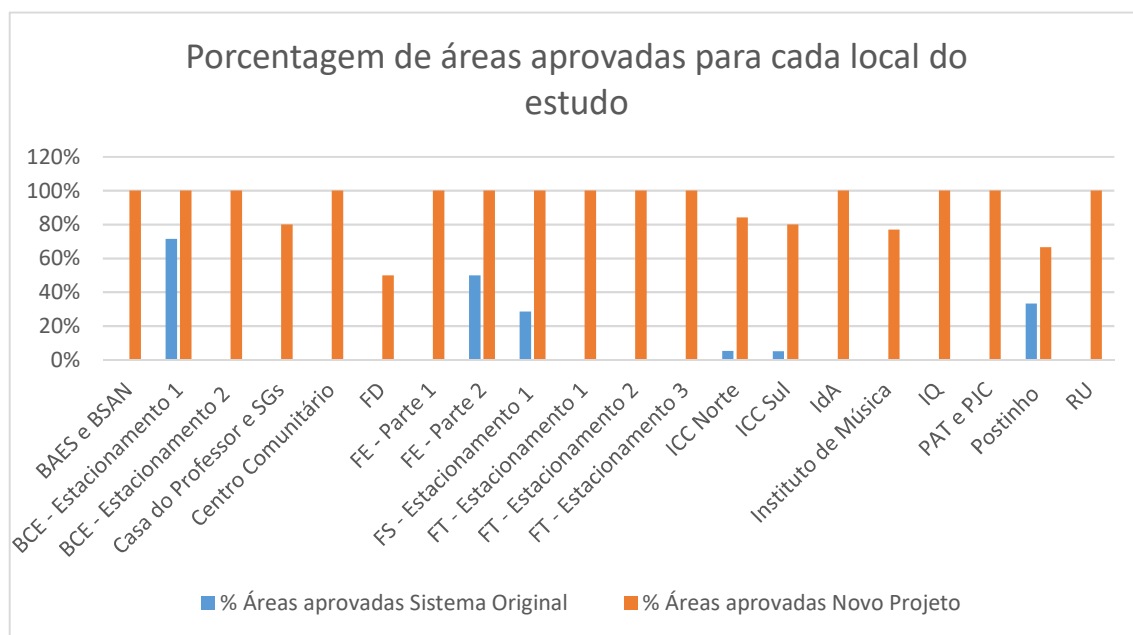


Figura 14 - Gráfico comparando o número de áreas de medição aprovadas em cada um dos locais analisados

Fica claro neste gráfico que a regra geral é que nenhuma das áreas de medição em cada um dos locais analisados satisfaça os critérios deste estudo quando considerados os sistemas de iluminação já instalados. Porém, se as modificações propostas forem implementadas, 112 das 123 áreas de medição definidas se adequarão aos padrões estabelecidos, enquanto hoje, apenas 11 tem um sistema de iluminação satisfatório. Vale ressaltar que todas as áreas que continuaram sendo reprovadas apresentam excesso de iluminação, o que dificulta a adequação do fator de uniformidade, e pode ser discutido se é realmente necessária uma intervenção nestas áreas.

Obviamente, essas modificações têm um custo que, basicamente, se divide em duas partes: o custo de instalação de novos postes e luminárias e o custo do consumo de energia elétrica, que irá aumentar proporcionalmente ao aumento da potência instalada. A tabela abaixo indica o número de luminárias

instaladas nos sistemas originais e nas propostas de alteração para cada uma das áreas onde a metodologia deste estudo foi aplicada:

Local	Caso analisado	Número de Luminárias por potência de lâmpada						Potência Total em cada caso (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50W	100W	125W	150W	250W	400W		
BAES e BSAN	Original	-	-	-	31	4	-	5.650	0%
	Novo projeto	-	18	-	24	4	-	6.400	13%
BCE - Estacionamento 1	Original	1	-	-	40	4	-	7.050	0%
	Novo projeto	1	1	-	40	4	-	7.150	1%
BCE - Estacionamento 2	Original	-	-	-	13	-	-	1.950	0%
	Novo projeto	-	-	-	20	-	-	3.000	54%
Casa do Professor e SGs	Original	-	-	-	7	50	-	13.550	0%
	Novo projeto	-	-	-	64	21	-	14.850	10%
Centro Comunitário	Original	-	-	-	-	-	18	7.200	0%
	Novo projeto	8	-	-	23	-	18	11.050	53%
FD	Original	-	-	-	12	31	4	11.150	0%
	Novo projeto	-	-	-	59	10	-	11.350	2%
FE - Parte 1	Original	-	-	-	-	12	-	3.000	0%
	Novo projeto	-	-	-	16	1	-	2.650	-12%
FE - Parte 2	Original	-	-	-	-	8	-	2.000	0%
	Novo projeto	-	1	-	9	5	-	2.700	35%
FS - Estacionamento 1	Original	-	-	16	18	9	-	6.950	0%
	Novo projeto	-	-	-	52	4	-	8.800	27%
FT - Estacionamento 1	Original	1	-	-	-	21	-	5.300	0%
	Novo projeto	-	2	-	31	2	-	5.350	1%
FT - Estacionamento 2	Original	-	-	-	8	16	-	5.200	0%
	Novo projeto	-	9	-	24	3	-	5.250	1%
FT - Estacionamento 3	Original	-	-	-	-	16	-	4.000	0%
	Novo projeto	-	4	-	21	4	-	4.550	14%

Tabela 9a - Número de luminárias e potência instalada

Local	Caso analisado	Número de Luminárias por potência de lâmpada						Potência Total em cada caso (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50W	100W	125W	150W	250W	400W		
ICC Norte	Original	-	-	-	116	6	-	18.900	0%
	Novo projeto	-	-	-	220	6	-	34.500	83%
ICC Sul	Original	-	-	74	40	9	-	17.500	0%
	Novo projeto	-	-	-	168	8	-	27.200	55%
IdA	Original	-	-	-	16	17	-	6.650	0%
	Novo projeto	1	20	-	14	10	-	6.650	0%
Instituto de Música	Original	4	-	-	6	33	-	9.350	0%
	Novo projeto	-	33	-	31	15	-	11.700	25%
IQ	Original	-	-	-	36	-	-	5.400	0%
	Novo projeto	-	9	-	41	-	-	7.050	31%
PAT e PJC	Original	-	-	-	4	63	-	16.350	0%
	Novo projeto	-	5	-	110	8	-	19.000	16%
Postinho	Original	-	-	-	4	10	-	3.100	0%
	Novo projeto	-	4	-	5	10	-	3.650	18%
RU	Original	10	-	-	8	16	-	5.700	0%
	Novo projeto	-	9	-	23	16	-	8.350	46%

Tabela 9b9 - Número de luminárias e potência instalada

É possível perceber que o aumento no número de luminárias não é proporcional à variação da potência instalada. O gráfico a seguir representa a variação percentual do número de luminárias e potência instalada para cada um dos locais analisados:

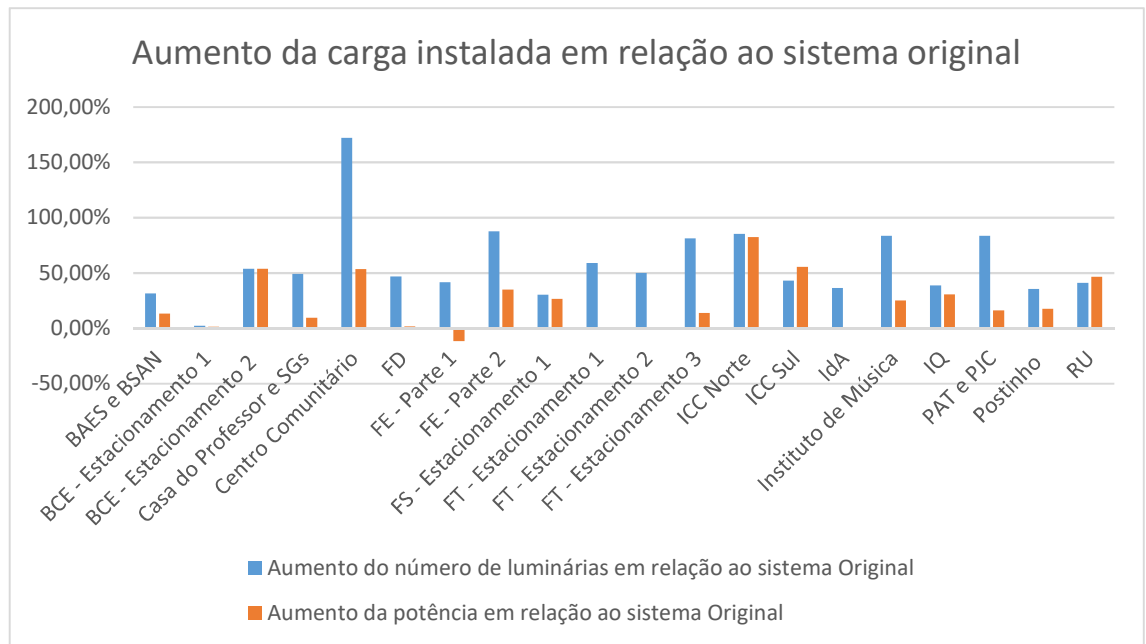


Figura 15 - Gráfico representando o potencial aumento de custos para a UnB

Como quando os custos são analisados no horizonte temporal da vida útil de um sistema de iluminação, os gastos com consumo de energia elétrica tendem a ser muito mais significativos do que os custos de instalação, a informação mais importante deste gráfico está nas colunas alaranjadas. Analisando de forma global e supondo que todas as modificações propostas fossem realizadas, a potência instalada nas áreas analisadas sairia de 156kW para 201kW, o que, supondo que o tempo de funcionamento não fosse alterado e o sistema sempre funcionasse a 100% de sua capacidade, representaria um aumento do consumo de energia de 28,8%. Já o número de luminárias instaladas sairia de 812 e iria para 1.269, representando a adição de 457 luminárias.

Sabendo do grande investimento que representaria a modificação de todo o sistema de iluminação e do possível impacto que isso poderia ter nas finanças da universidade, foi elaborada uma lista com os locais que teriam prioridade num eventual parcelamento das intervenções propostas. O critério para considerar essas áreas prioritárias foi a existência ou não de pelo menos uma área onde a iluminância média é menor do que 10lux. Segundo este critério, os locais que mais precisam de intervenções são:

- ICC Norte
- Restaurante Universitário

- ICC Sul
- FT – Estacionamento 3
- Instituto de Música
- Instituto de Artes
- FT – Estacionamento 1

5. CONCLUSÃO

Devido à mobilização da comunidade acadêmica da Universidade de Brasília em prol de mais investimentos em iluminação pública, fez-se necessária a avaliação dos sistemas de iluminação do *Campus* Darcy Ribeiro para melhor orientar a aplicação de recursos e esforços por parte da administração pública no atendimento desta demanda.

Este estudo discutiu em primeiro lugar a relação da qualidade da iluminação pública com a ocorrência de crimes e com a sensação de segurança das pessoas que frequentam determinado espaço e concluiu que, apesar de não ser suficiente para resolver todos os problemas relacionados às questões de segurança, investimentos na infraestrutura luminotécnica podem sim gerar bons resultados nesta área.

Com base nisso foram estudados alguns dos espaços públicos do *Campus* Darcy Ribeiro, localizados ao redor de 14 prédios da universidade, o que totalizou 20 áreas de pesquisa. Estas áreas foram divididas em 123 áreas de medição, que representaram estacionamentos, calçadas, praças, faixas de pedestre e outros tipos de lugares por onde é esperado que haja um fluxo de pessoas no período noturno. Para cada uma destas áreas, foi feito um levantamento de campo, buscando informações necessárias para o estudo sobre a iluminação instalada nelas. Essas informações eram referentes aos postes e às luminárias instaladas. Os dados gerados no levantamento de campo foram utilizados para gerar modelos computacionais das áreas analisadas, o que permitiu a realização de simulações que calculavam a iluminância média e o fator de uniformidade para todas as áreas de medição. Esses valores foram comparados com critérios pré-estabelecidos e foi possível saber quais áreas possuíam um sistema de iluminação suficiente e quais não.

Com a lista das áreas consideradas reprovadas, foram propostas modificações nos sistemas de iluminação delas. As modificações propostas consistiam na adição de novos postes e luminárias e na alteração da potência das lâmpadas quando necessário. As modificações propostas resultaram numa melhora expressiva nos resultados que indicam qualidade da iluminação pública no *Campus*, e a metodologia analisada pode ser utilizada em qualquer área

pública, incluindo os estacionamentos de outros *Campi* da UnB, que também são alvos de crítica.

Resumindo os resultados obtidos pode se afirmar que as mudanças propostas representariam um aumento de 28,8% na potência instalada do sistema de iluminação pública do *Campus*, mas seria suficiente para elevar o número de áreas aprovadas de 11, considerando o sistema existente, para 112 das 123 áreas de medição existente. Vale ressaltar que todas as áreas que continuaram sendo reprovadas apresentam excesso de iluminação, o que dificulta a adequação do fator de uniformidade, e pode ser discutido se é realmente necessária uma intervenção nestas áreas.

Considerando todas as informações apresentadas até aqui, é possível elaborar diversas continuações possíveis para o presente estudo tanto de motivações práticas quanto acadêmicas. Na parte prática a principal forma de dar sequência a este trabalho é a elaboração de projetos executivos para a renovação da iluminação das áreas analisadas fazendo agora menos simplificações como, por exemplo, a consideração da presença de árvores e diferenças no relevo, e considerando também a distribuição dos circuitos elétricos necessários para o funcionamento do sistema. Com um viés mais acadêmico é possível analisar alternativas de eficiência energética como a troca de lâmpadas por opções de maior eficiência luminosa como as opções em LED que vêm conquistando uma fatia cada vez maior no mercado de iluminação e a criação de sistemas inteligentes para o controle da iluminação. Além destas, algumas opções de estudo voltados à criminologia ambiental como pesquisas sobre a influência da iluminação no medo do crime.

6. REFERÊNCIAS

- [1] A. R. Gomes, *Crimes Contra a Propriedade: Uma Abordagem de Criminologia Ambiental*, Porto, 2012.
- [2] P. J. BRANTINGHAM e P. L. BRANTINGHAM, "BRANTINGHAM, Paul J.; BRANTINGHAM, Patricia L. Environment, routine and situation: Toward a pattern theory of crime.," em *Advances in criminological theory*, 1993, pp. 259-94.
- [3] H. Goldstein, *Problem-Oriented Policing*, Madison: McGrall-Hill, Inc., 1990.
- [4] Brasil, *Guia para prevenção do crime e da violência*, 2005.
- [5] P. M. Cozens e G. S. D. Hillier, "Crime prevention through environmental design (CPTED): a review and modern bibliography," *Property Management* , vol. 23, pp. 328 - 356, 2005.
- [6] CINGAPURA, *Crime Prevention Through Environmental Design Guidebook*, 2003.
- [7] J. Q. WILSON e G. L. KELLING, "BROKEN WINDOWS," *The Atlantic*, 1982.
- [8] P. A. Idoeta, "O que Nova York pode ensinar a SP no combate à violência?," BBC Brasil, 12 Dezembro 2010. [Online]. Available: http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2012/12/121206_crimes_novayork_pai. [Acesso em 24 junho 2017].
- [9] V. G. Pereira e R. L. M. Piccirili, *Estudo do sistema de iluminação dos estacionamentos do ICC Sul e do ICC Norte*, Brasília, 2006.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, *Iluminação Pública*, 1992.
- [11] Companhia Paranaense de Energia (COPEL), *Manual de Iluminação Pública*, 2012.
- [12] Companhia Energética de Minas Gerais CEMIG, *Projetos de iluminação pública*, Belo Horizonte, 2012.
- [13] P. Byrne, *A Comparison Study of Four Popular Lighting Simulation Software Programs*, Londres, 2014.

- [14] Companhia Energética de Brasília CEB, *NTD 3.09 - Especificação de materiais e equipamentos de Iluminação Pública*, Brasília, 2013.
- [15] Companhia Energética de Brasília CEB, *NTD 3.38 - Luminárias para iluminação pública*, Brasília, 2013.
- [16] A. d. V. S. Salles, *Diretrizes para o espaço urbano público inibidor de delitos: estudo de caso*, Brasília, 2007.
- [17] Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, *Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior*, 2013.
- [18] Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, *Iluminância de Interiores*, 1992.

ANEXOS

1. RESULTADOS PARA TODAS AS ÁREAS

A análise exemplificada no capítulo de Dados e Discussões foi feita para todas as áreas deste estudo e está disposta nas páginas seguintes. Como já foi apresentado um estudo detalhado do estacionamento da Faculdade de Tecnologia, os próximos projetos serão mostrados de forma mais enxuta.

O relatório de cada uma das áreas será apresentado da seguinte forma: uma descrição rápida contendo o número de luminárias e postes, duas imagens ilustrando o sistema de iluminação original e sua distribuição de iluminância, uma explicação sobre as modificações propostas, o novo projeto e seu resultados, uma tabela comparando os valores numéricos de iluminância média e fator de uniformidade para os dois sistemas e, por fim, uma tabela contendo o número de luminárias e potência instalada para cada um dos casos.

As luminárias e os postes foram representados segundo a legenda que já foi apresentada neste trabalho e, nas imagens dos novos projetos, apenas as novas luminárias foram representadas.

1.22. BAES e BSAN

O sistema original possui 9 postes duplos de 5m e 5 postes simples de 7,5m no estacionamento principal e mais 4 postes duplos de 5m nos fundos do BSAN. Além desses, existem mais 4 postes duplos nos fundos do BSAN e 4 postes de 7,5m iluminando a via dos carros. Todas as luminárias do estacionamento são de 150W. Nesse caso, como as imagens disponíveis no Google Earth foram produzidas antes da construção do BSAN, esse prédio foi representado pela área verde demarcada na imagem abaixo.



Figura 16 - Estacionamento BAES e BSAN - Sistema original

Essa configuração gera uma baixa concentração de luz na parte central do estacionamento e uma alta iluminância nos pontos próximos às luminárias montadas a 5m de altura. Isso representa um problema, indicado pelo baixo fator de uniformidade.

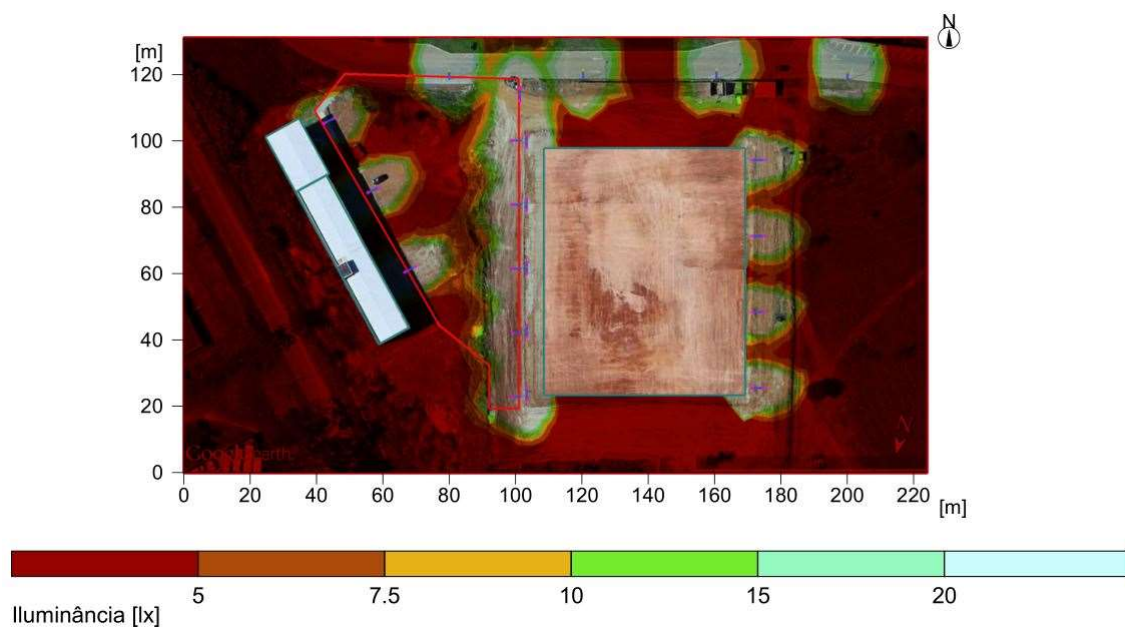


Figura 17 - Estacionamento BAES e BSAN - Distribuição de iluminância

Para corrigir esse problema, foi proposta a adição de uma fileira com 4 postes duplos no centro do estacionamento e mais três postes simples próximos ao BAES. Além disso, as luminárias montadas sobre os postes de 5m tiveram sua potência reduzida para 100W.



Figura 18 - Estacionamento BAES e BSAN - Novo projeto

E os resultados foram:

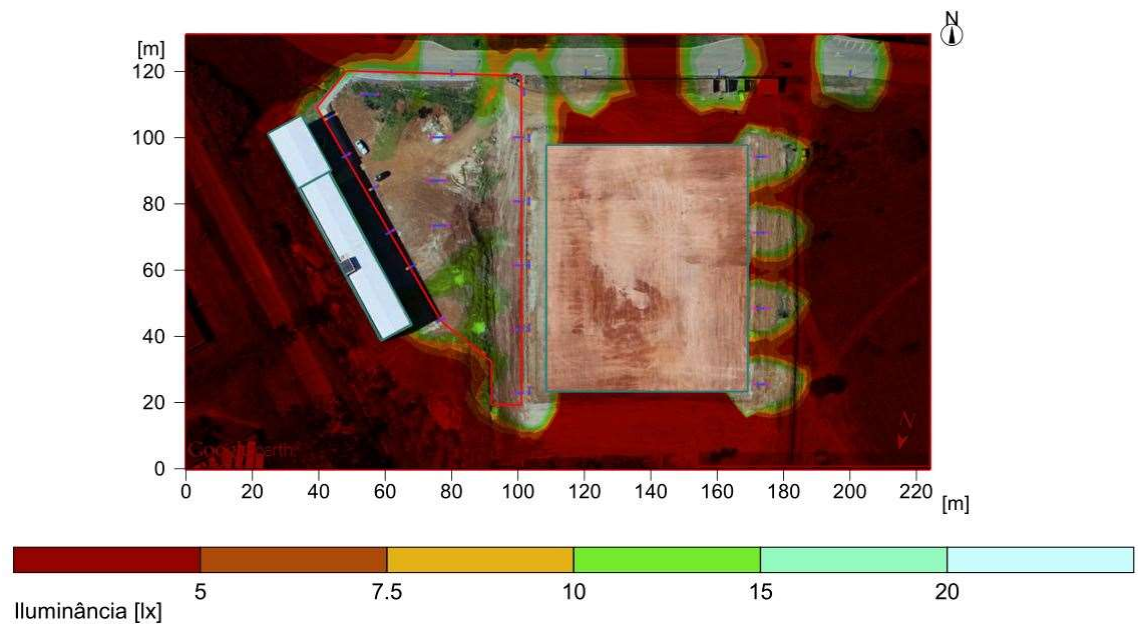


Figura 19 - Estacionamento BAES e BSAN - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento	23	0,1	34	0,3

Tabela 10 - Estacionamento BAES e BSAN - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
BAES e BSAN	Original	-	-	-	31	4	-	5.650	0%
	Novo projeto	-	18	-	24	4	-	6.400	13%

Tabela 11 - Estacionamento BAES e BSAN - Comparação do número de luminárias e potência instalada

É possível ver que as mudanças provocaram os resultados esperados, já que, tanto o valor da iluminância média quanto para o fator de uniformidade atendem aos critérios estabelecidos. Vale ressaltar que, antes de as luminárias terem sua potência reduzida, a iluminância média era maior do que 40lx e o fator de uniformidade era 0,1.

1.23. BCE – Estacionamento 1

O estacionamento da BCE possui 8 postes duplos de 7,5m de altura e 6 postes simples também de 7,5m. Na praça na frente do prédio existem 5 postes simples, na calçada de acesso à Reitoria existem 4 postes, e no acesso ao subsolo existe mais um poste e uma luminária de lâmpadas fluorescentes tubulares de 1,2m. Em cada uma das paradas de ônibus estão instalados 2 postes duplos de 5m de altura e um dos postes de iluminação da via está posicionado sobre a faixa de pedestre.

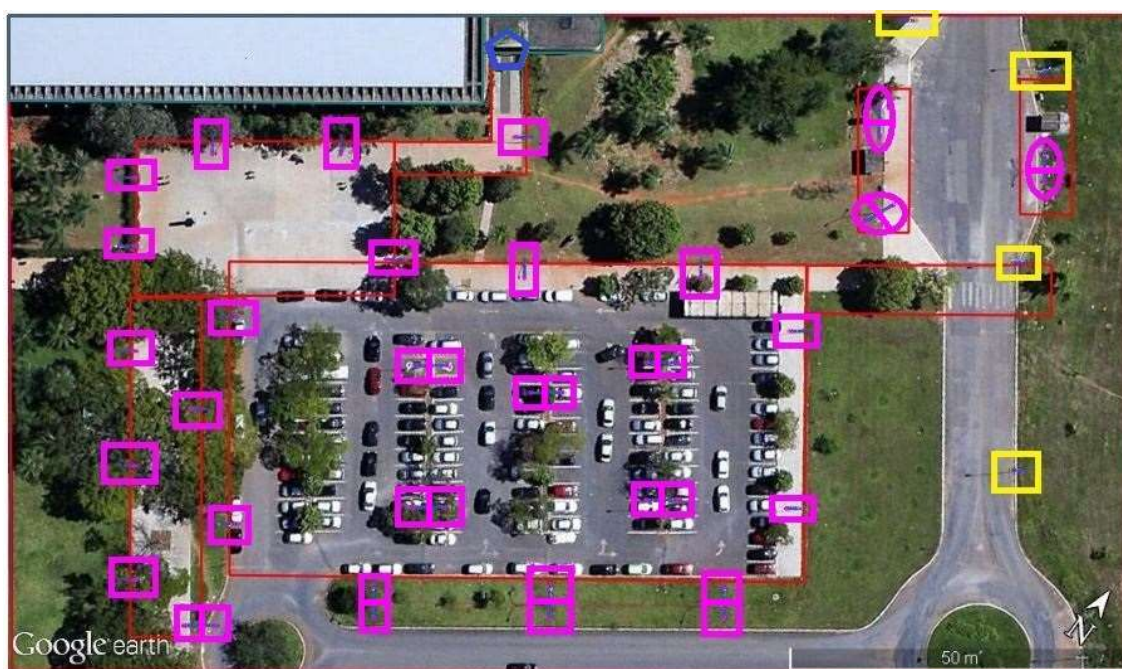


Figura 20 - BCE - Estacionamento 1 - Sistema original

O resultado é satisfatório, com exceção do acesso ao subsolo e da calçada para a faixa de pedestre.

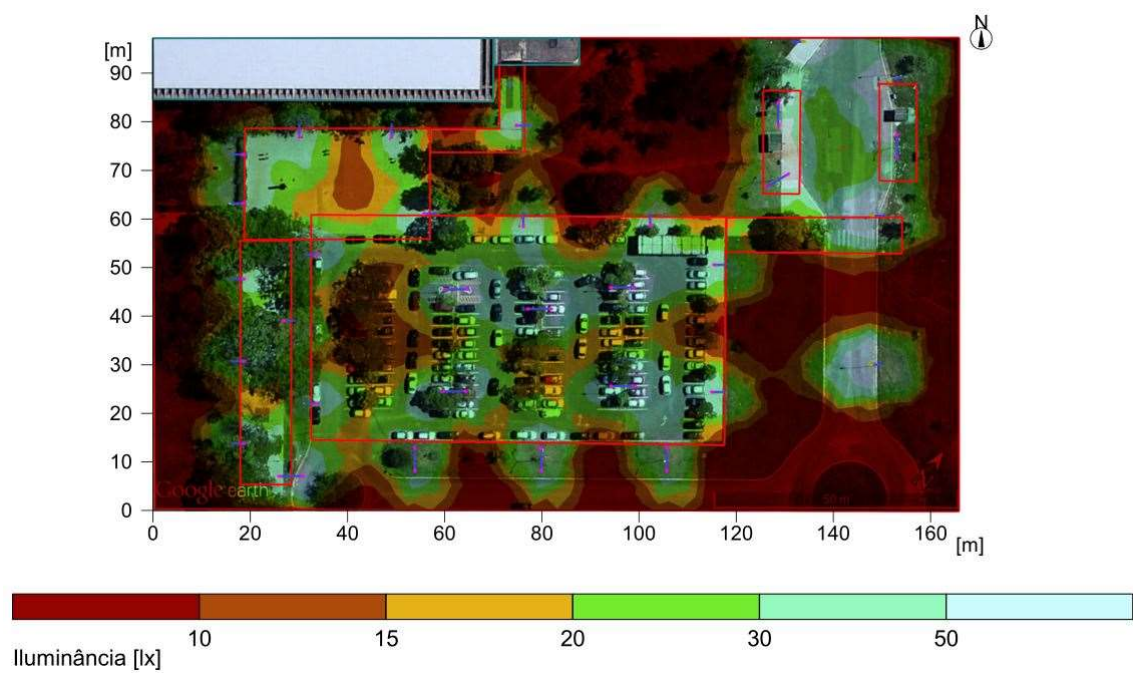


Figura 21 - BCE - Estacionamento 1 - Distribuição de iluminância

As mudanças propostas foram a inserção de um poste de 5m de altura para reforçar a iluminação da calçada da faixa de pedestres e a troca das lâmpadas fluorescentes por um refletor LED.

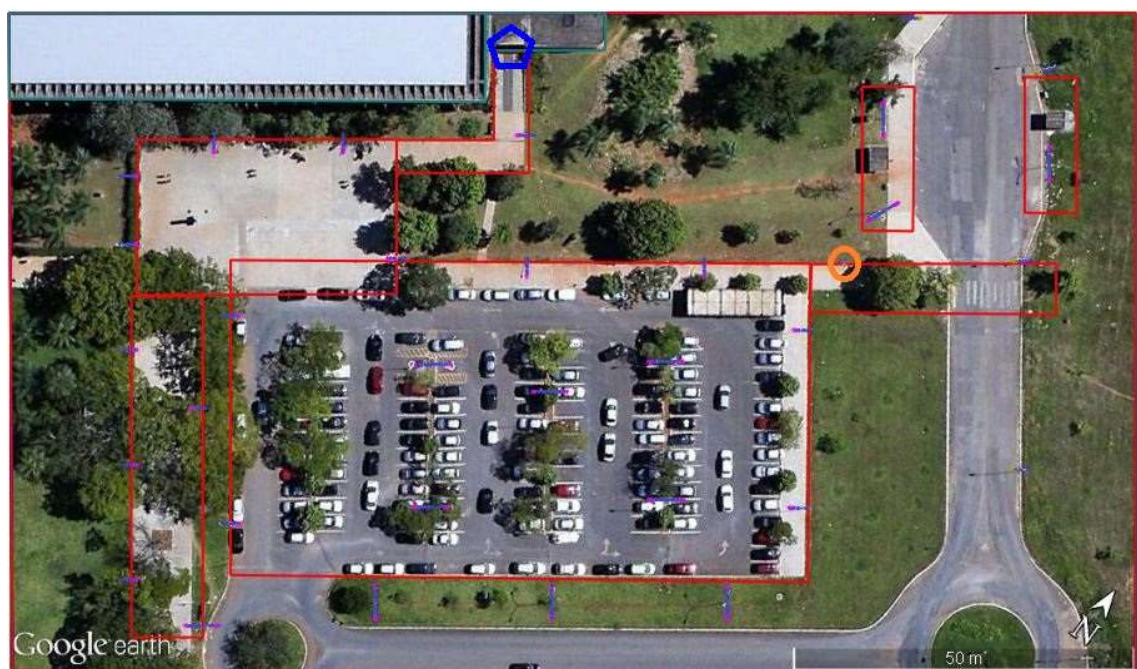


Figura 22 - BCE - Estacionamento 1 - Novo projeto

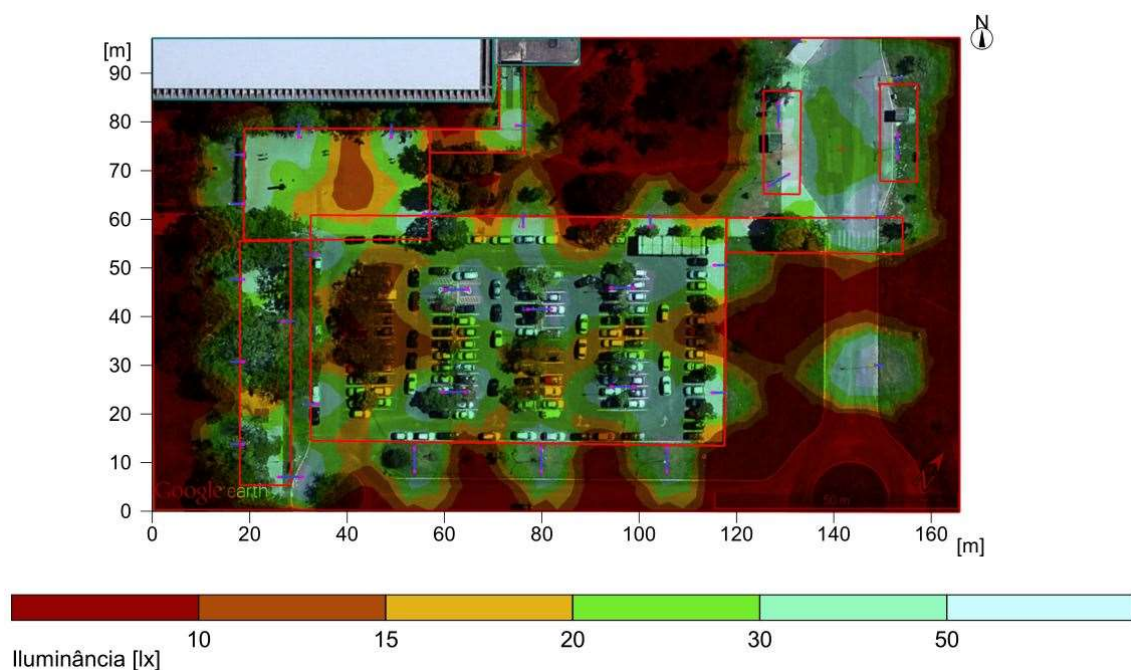


Figura 23 - BCE - Estacionamento 1 - Nova distribuição de iluminância

Com essa configuração, o sistema apresenta um resultado satisfatório para todas as áreas de medição.

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento	28	0,3	28	0,3
2	Praça	25	0,4	25	0,4
3	Parada de ônibus Oeste	57	0,5	58	0,5
4	Parada de ônibus Leste	57	0,4	57	0,4
5	Faixa de Pedestre	37	0,2	44	0,3
6	Calçada de acesso ao subsolo da BCE	21	0,1	27	0,3
7	Calçada Oeste	33	0,4	33	0,4

Tabela 10 - BCE - Estacionamento 1 - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
BCE - Estacionamento 1	Original	1	-	-	40	4	-	7.050	0%
	Novo projeto	1	1	-	40	4	-	7.150	1%

Tabela 11 - BCE - Estacionamento 1 - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.24. BCE – Estacionamento 2

O estacionamento de trás da biblioteca é iluminado por 9 postes simples de 7,5m de altura e luminárias de 150W.

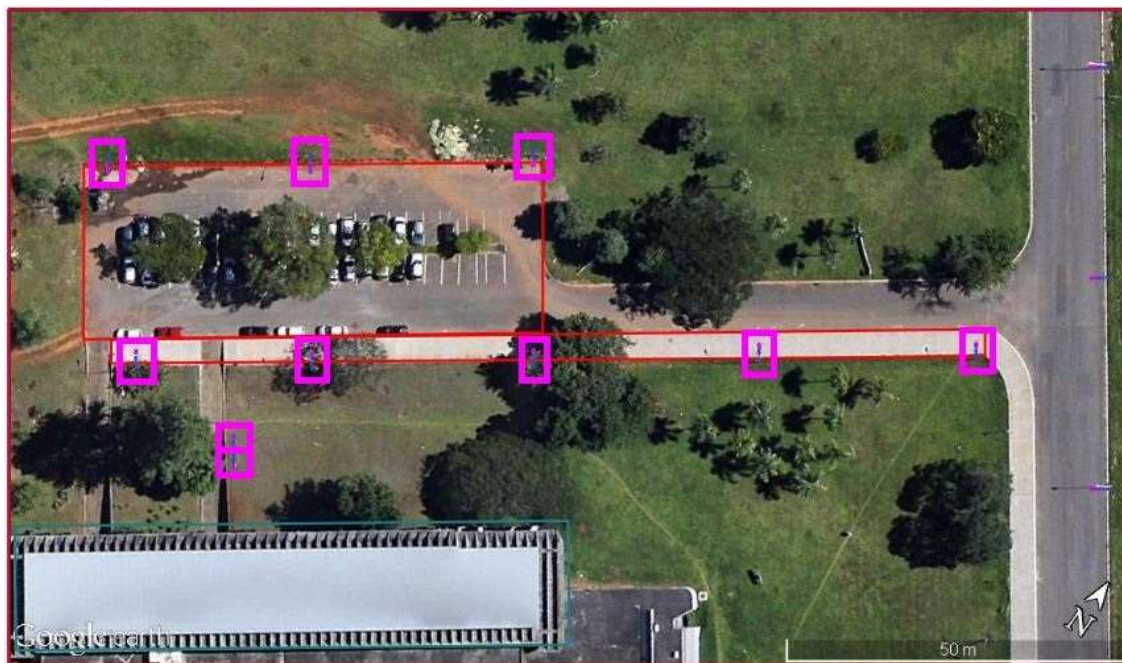


Figura 24 - BCE - Estacionamento 2 - Sistema original

O resultado não atinge os valores mínimos de iluminância e de fator de uniformidade.

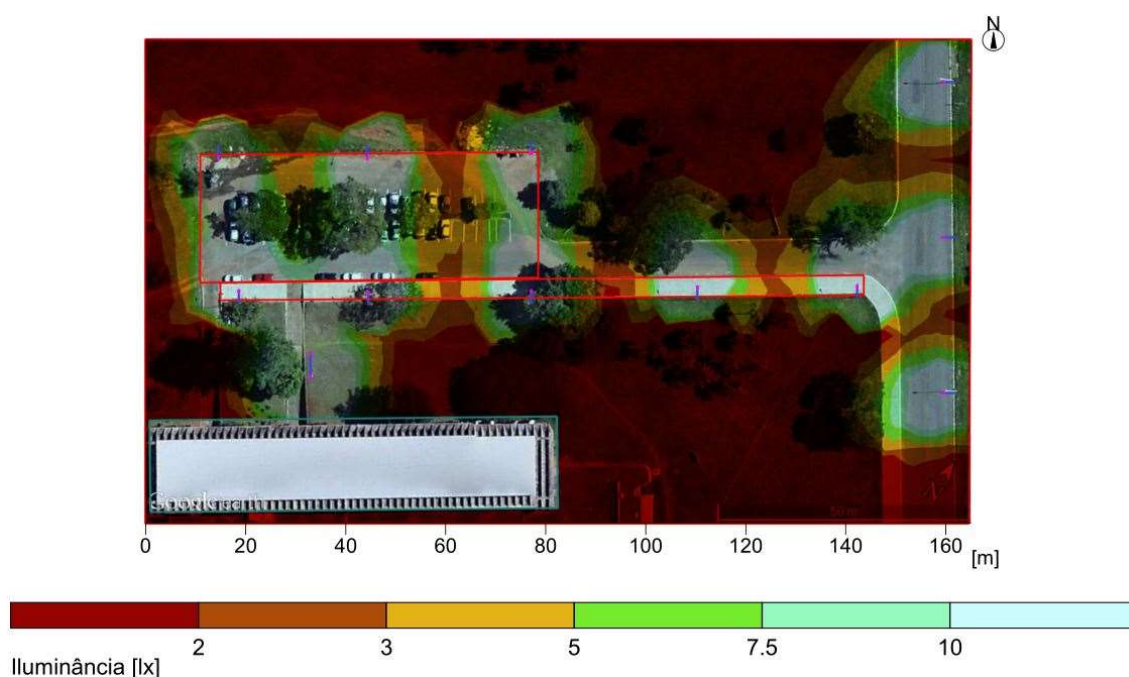


Figura 25 - BCE - Estacionamento 2 - Distribuição de iluminância

Para solucionar esses problemas, foi proposto a adição de dois postes duplos na faixa central do estacionamento e mais 3 postes simples intercalados com os já existentes na calçada.



Figura 26 - BCE - Estacionamento 2 - Novo projeto

Isso foi suficiente para adequar os valores aos níveis desejados.

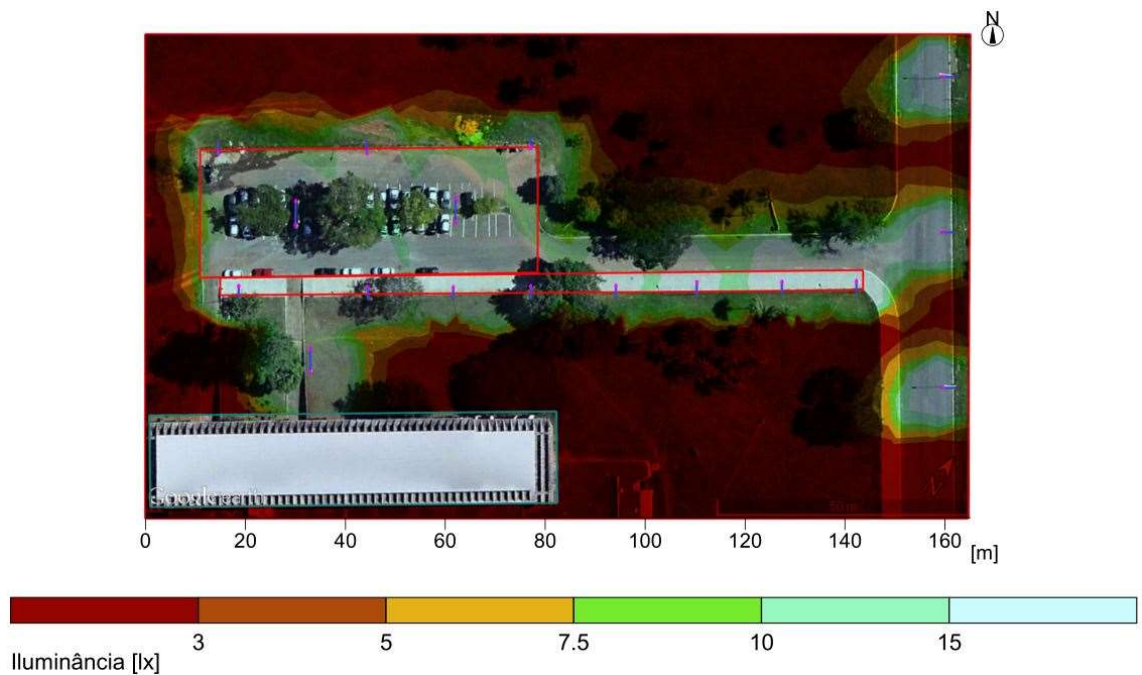


Figura 27 - BCE - Estacionamento 2 - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento	11	0,2	24	0,3
2	Calçada	17	0,1	28	0,4

Tabela 12 - BCE - Estacionamento 2 - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
BCE - Estacionamento 2	Original	-	-	-	9	-	-	1.350	0%
	Novo projeto	-	-	-	16	-	-	2.400	78%

Tabela 13 - BCE - Estacionamento 2 - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.25. Casa do professor e SGs

Nas vias e no estacionamento da Casa do Professor, a iluminação é feita por postes de 7,5m de altura e luminárias de 250W e em cada um dos SGs existem refletores sobre as portas de acesso. No estacionamento atrás do SG-09 e na parada de ônibus existem luminárias de 150W montadas sobre postes de 7,5m no estacionamento e 5m na parada.

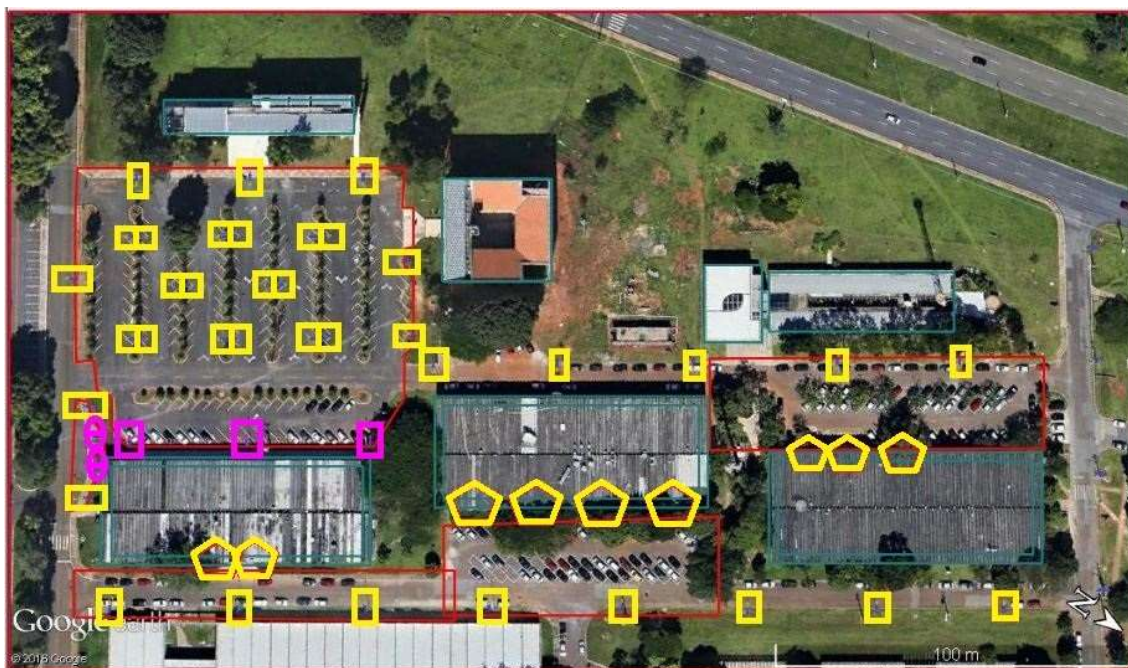


Figura 28 - Casa do Professor e SGs - Sistema original

Essa configuração proporciona iluminâncias média muito altas e fatores de uniformidades baixos, o que indica que a iluminação poderia ter sua potência reduzida, se fossem acrescentados novos postes.

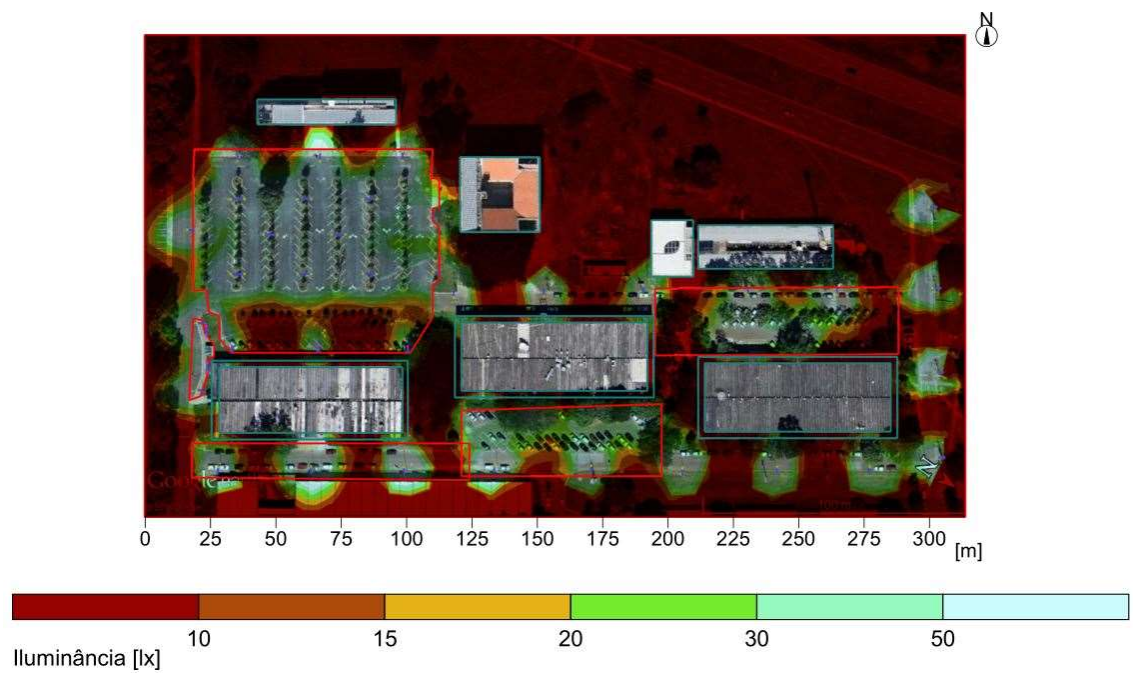


Figura 29 - Casa do Professor e SGs - Distribuição de iluminância

Foi proposta a troca das luminárias de 250W por luminárias de 150W, e a adição de novos postes no perímetro do estacionamento da casa do professor e nos estacionamentos ao redor de cada SG. No SG-12 também foram propostos novos refletores no SG-12.

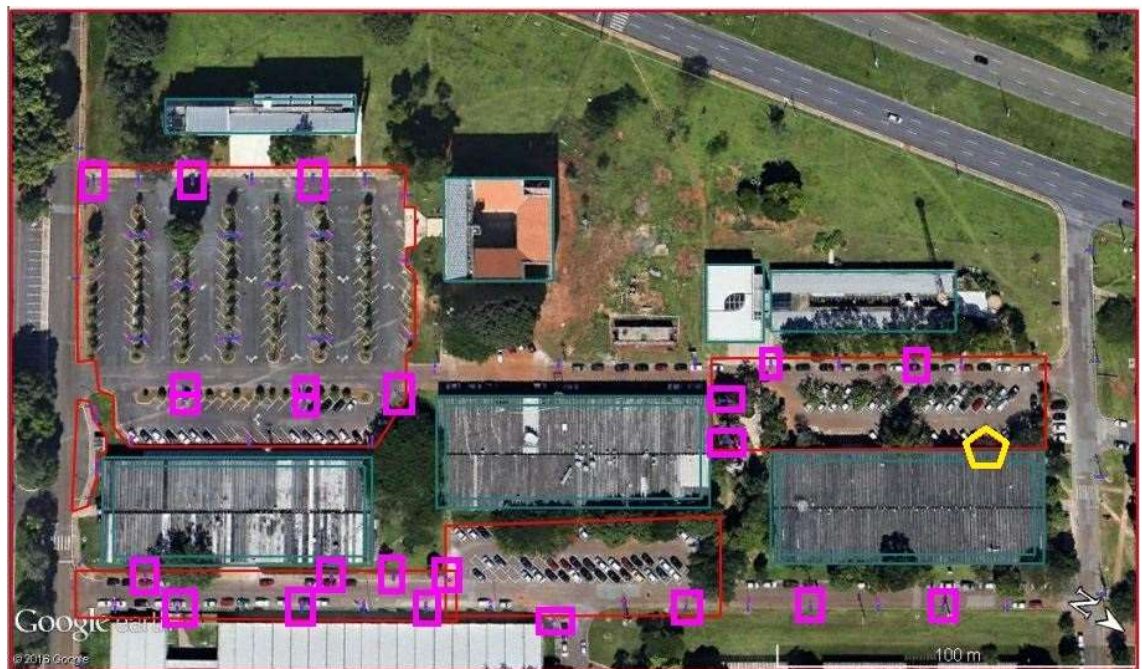


Figura 30 - Casa do Professor e SGs - Novo projeto

Resultados satisfatórios foram obtidos para todas as áreas de medição, com exceção da parada de ônibus do SG-09, que tem uma concentração de luz muito alta, o que torna inviável a elevação do fator de uniformidade.

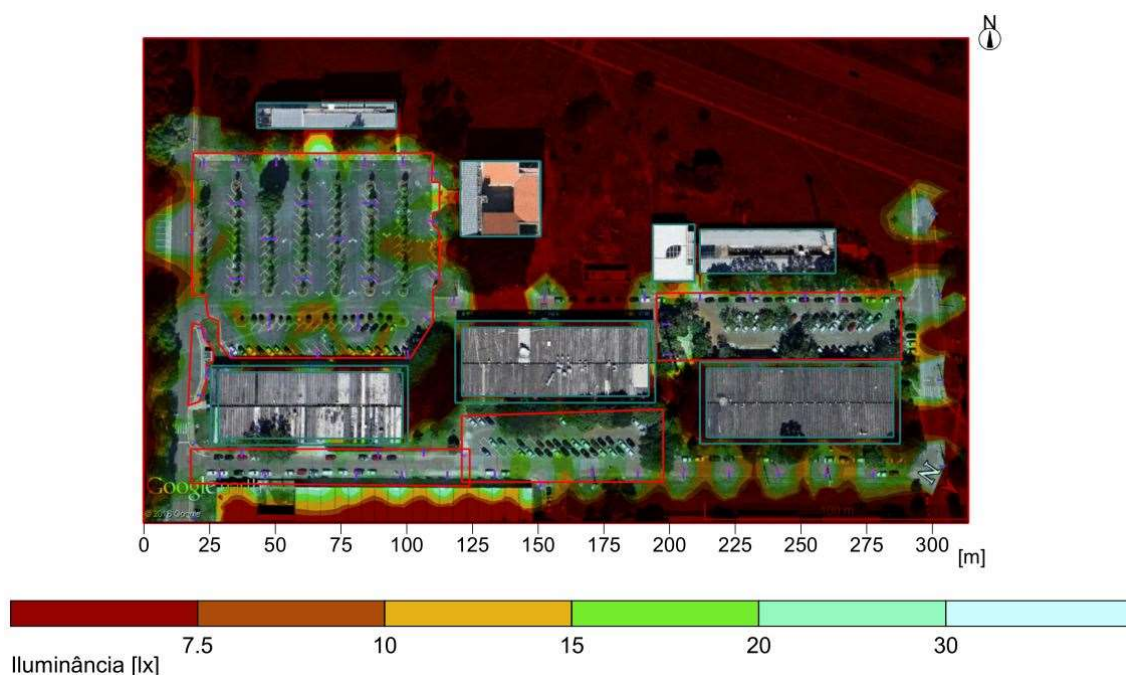


Figura 31 - Casa do Professor e SGs - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento Casa do Professor	55	0,1	31	0,3
2	Parada de ônibus do SG-09	114	0,2	113	0,2
3	Estacionamento SG-11	35	0,1	33	0,3
4	Estacionamento SG-12	29	-	41	0,3
5	Estacionamento SG-09	39	0,1	44	0,3

Tabela 14 - Casa do Professor e SGs - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
Casa do Professor e SGs	Original	-	-	-	7	50	-	13.550	0%
	Novo projeto	-	-	-	64	21	-	14.850	10%

Tabela 15 - Casa do Professor e SGs - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.26. Centro Comunitário

O Centro Comunitário é iluminado por luminárias de 400W, instaladas sobre postes de 13,8m de altura e localizados no centro do estacionamento e na via L4 Norte.

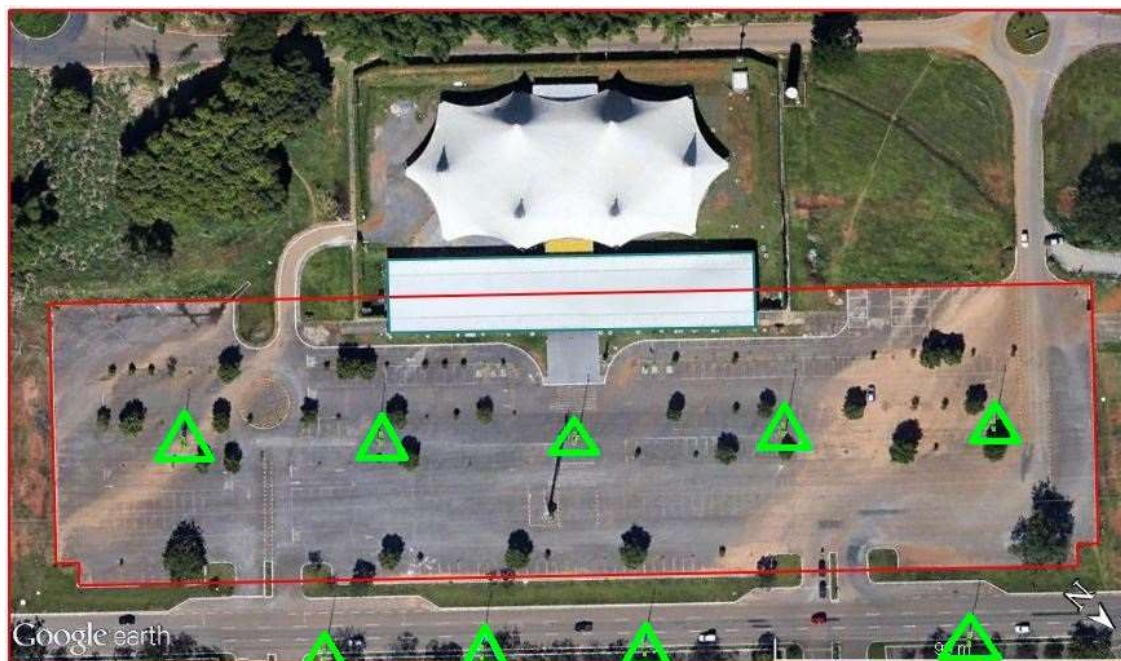


Figura 32 - Centro Comunitário - Sistema original

Essa configuração não ilumina as extremidades do estacionamento de forma satisfatória.

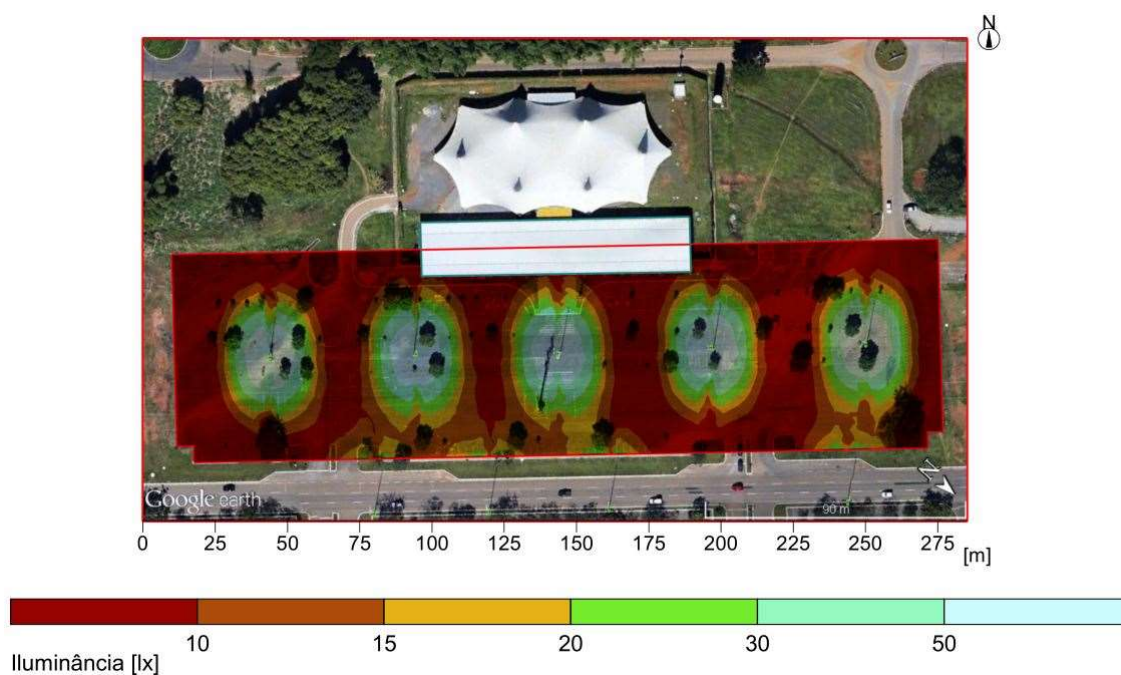


Figura 33 - Centro Comunitário - Distribuição de iluminância

Para oferecer uma iluminação nas áreas escuras foi proposta a instalações de luminárias de 150W sobre postes de 10m de altura no perímetro do estacionamento. Os postes propostos são mais altos do que o habitual por se tratar de uma grande área aberta. Além dos postes, se recomendou a instalação de refletores LED de 50W na marquise da portaria do Centro Comunitário.

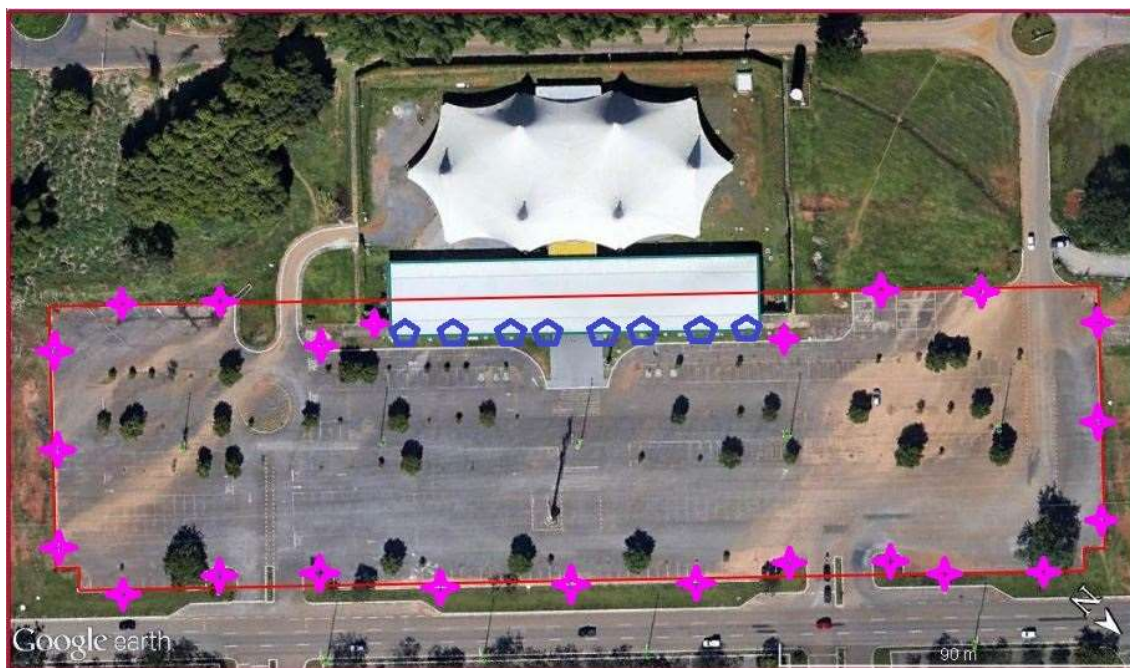


Figura 34 - Centro Comunitário - Novo projeto

Essa configuração rendeu resultados satisfatórios.

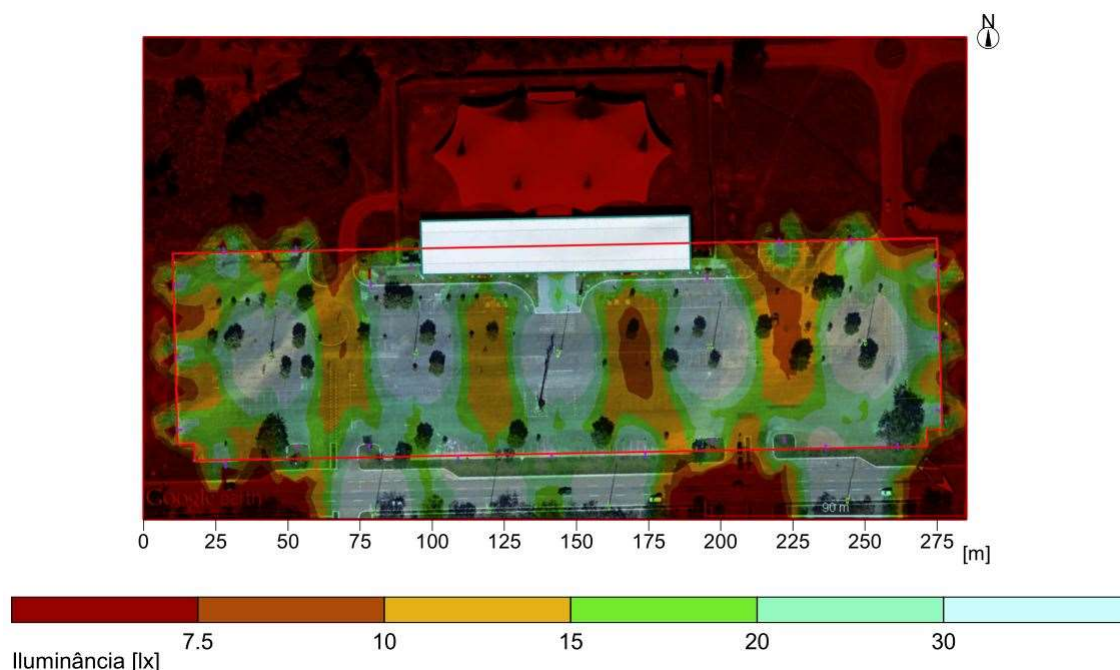


Figura 35 - Centro Comunitário - Nova distribuição de iluminação

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento	18	-	25	0,3

Tabela 16 - Centro Comunitário - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
Centro Comunitário	Original	-	-	-	-	-	18	7.200	0%
	Novo projeto	8	-	-	23	-	18	11.050	53%

Tabela 17 - Centro Comunitário - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.27. Faculdade de Direito

Juntamente com o estacionamento do ICC Sul e a Faculdade de Saúde, a Faculdade de Direito apresentou o sistema de iluminação mais antigo. Ele possui luminárias de 150W instaladas sobre postes de 7,5m de altura e distribuídos no centro do estacionamento da FD e, no perímetro desta área, as

luminárias são de 250W. No estacionamento da FACE existem postes de 6m de altura com luminárias de 250W. Existe ainda um poste de 11m com luminárias de 400W.

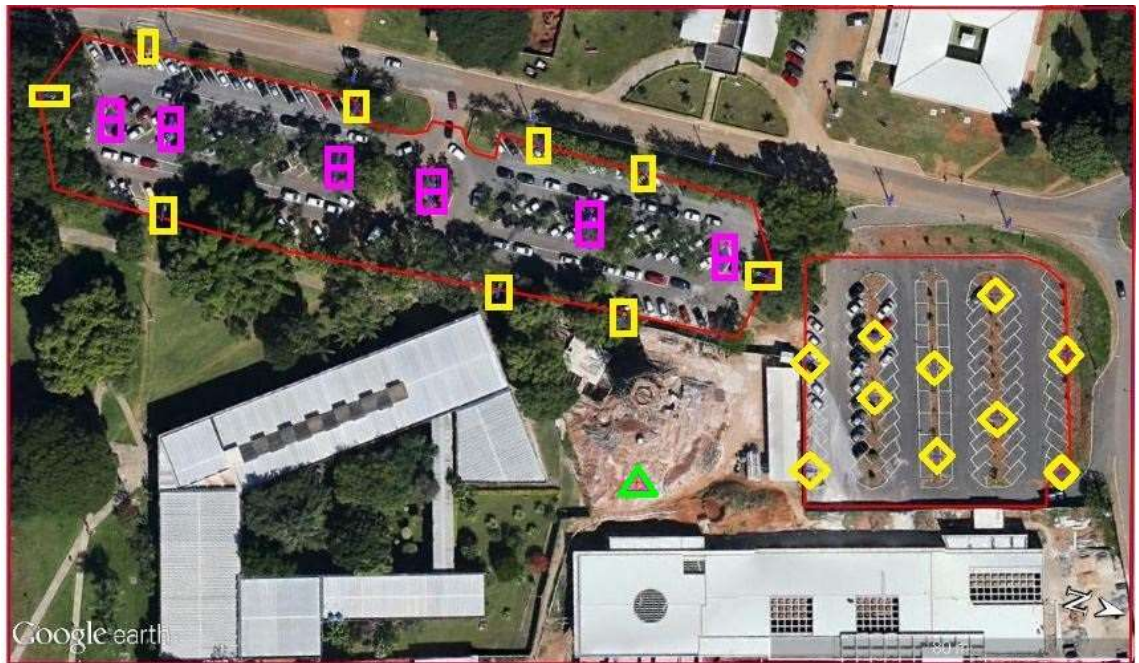


Figura 36 - FD - Sistema original

É possível ver que, no estacionamento da FACE, a combinação de luminárias de 250W e postes de 6m de altura gera uma iluminância média muito além do necessário, mas alguns pontos escuros levam o valor do fator de uniformidade para próximo de zero. A iluminação do estacionamento da FD também não é bem distribuída.

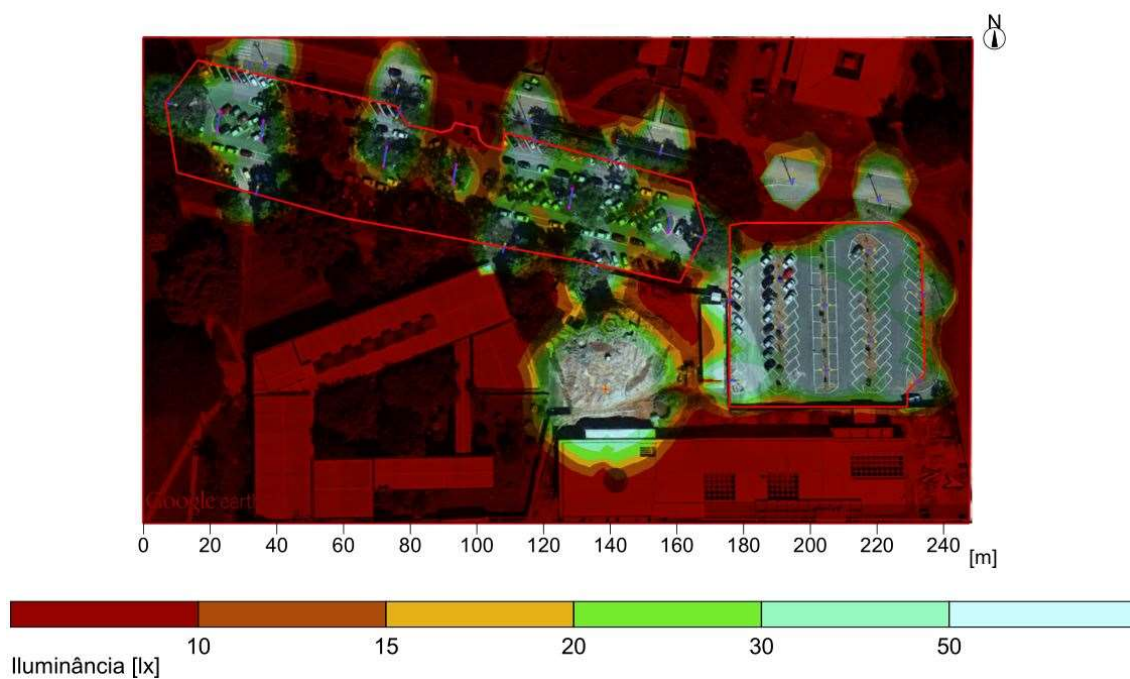


Figura 37 - FD - Distribuição de iluminância

Para resolver esses problemas, foram adicionados postes no estacionamento da FD, nos cantos do estacionamento da FACE, além da substituição das luminárias de 250W por luminárias de 150W. As luminárias do poste de 11m também tiveram sua potência reduzida.

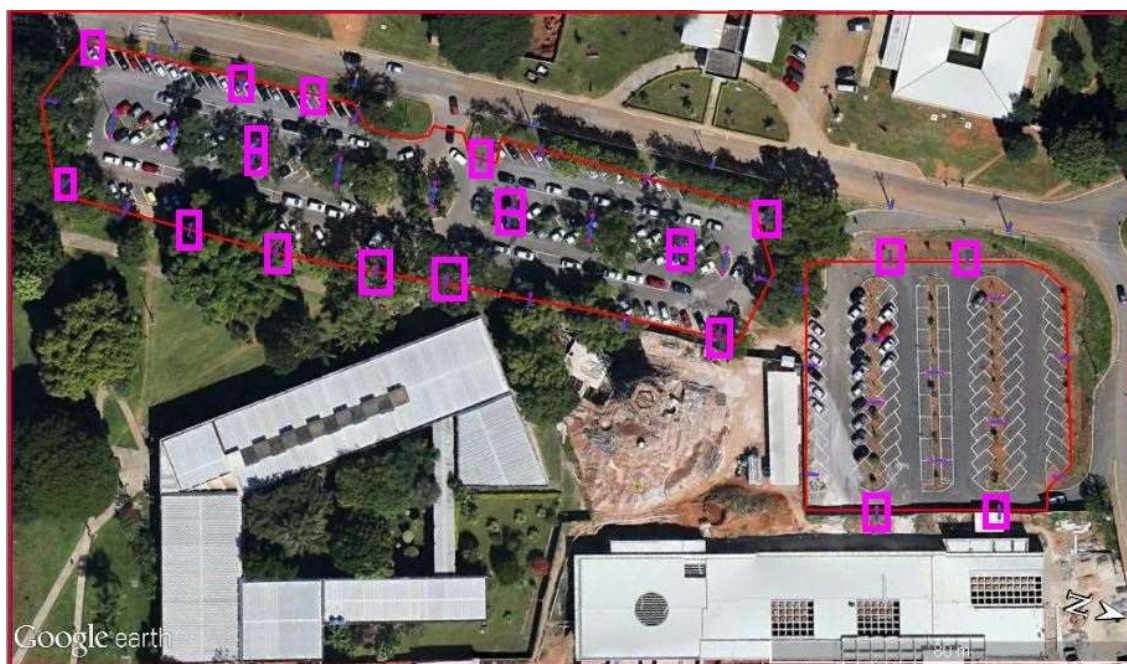


Figura 38 - FD - Novo projeto

Com essas modificações, os resultados são suficientes para atender os requisitos mínimos no estacionamento da FD, mas o estacionamento da FACE atingiu o limite de iluminância média antes de atingir o fator de uniformidade suficiente. Contudo, os indicadores melhoram com uma redução na potência instalada.

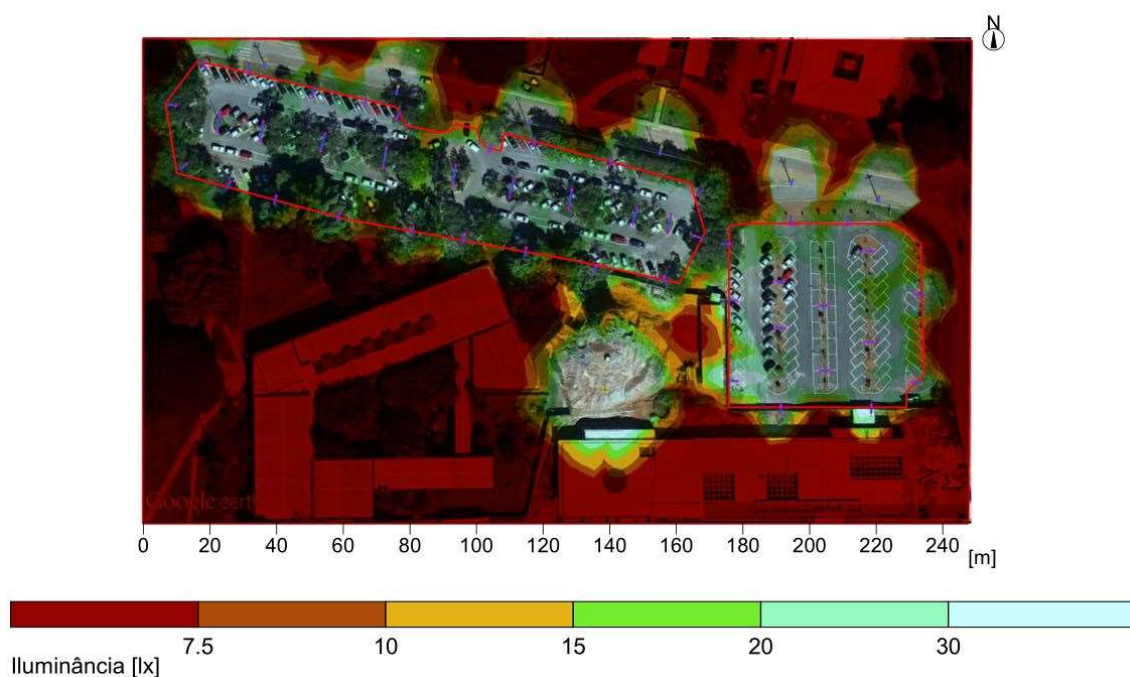


Figura 39 - FD - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento FACE	86	-	41	0,2
2	Estacionamento FD	28	0,1	40	0,3

Tabela 18 - FD - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
FD	Original	-	-	-	12	31	4	11.150	0%
	Novo projeto	-	-	-	59	10	-	11.350	2%

Tabela 19 - FD - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.28. Faculdade de Educação – Parte 1

A iluminação desse estacionamento é feita por luminárias de 250W montadas sobre postes de 7,5m.

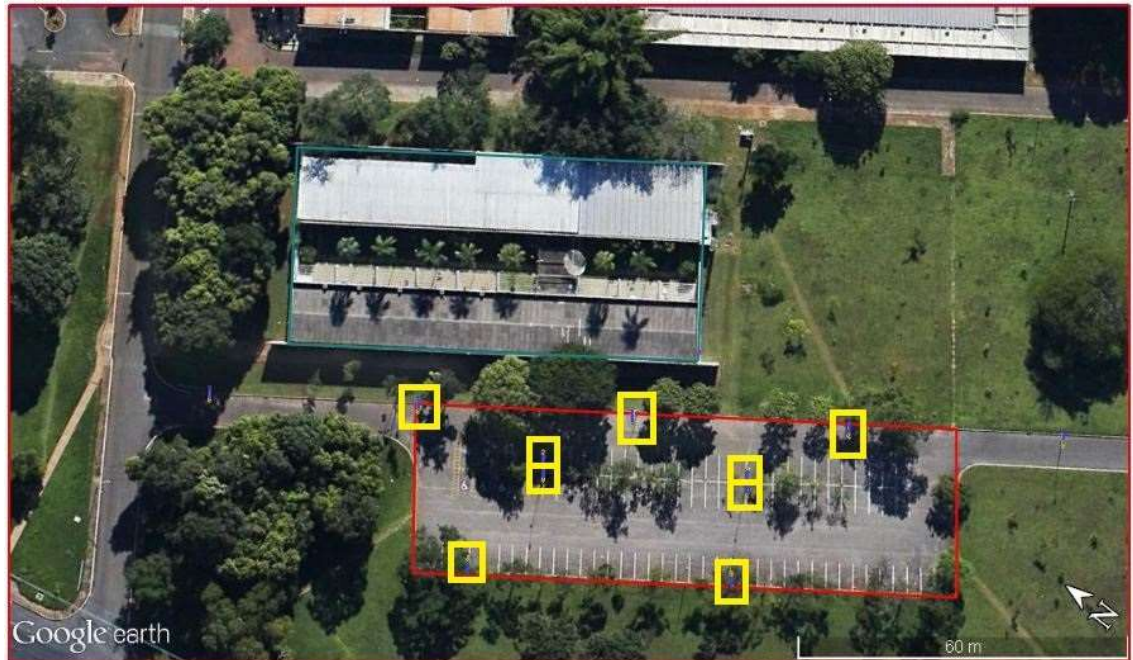


Figura 40 - FE - Estacionamento 1 - Sistema original

Essa configuração entrega o seguinte resultado:

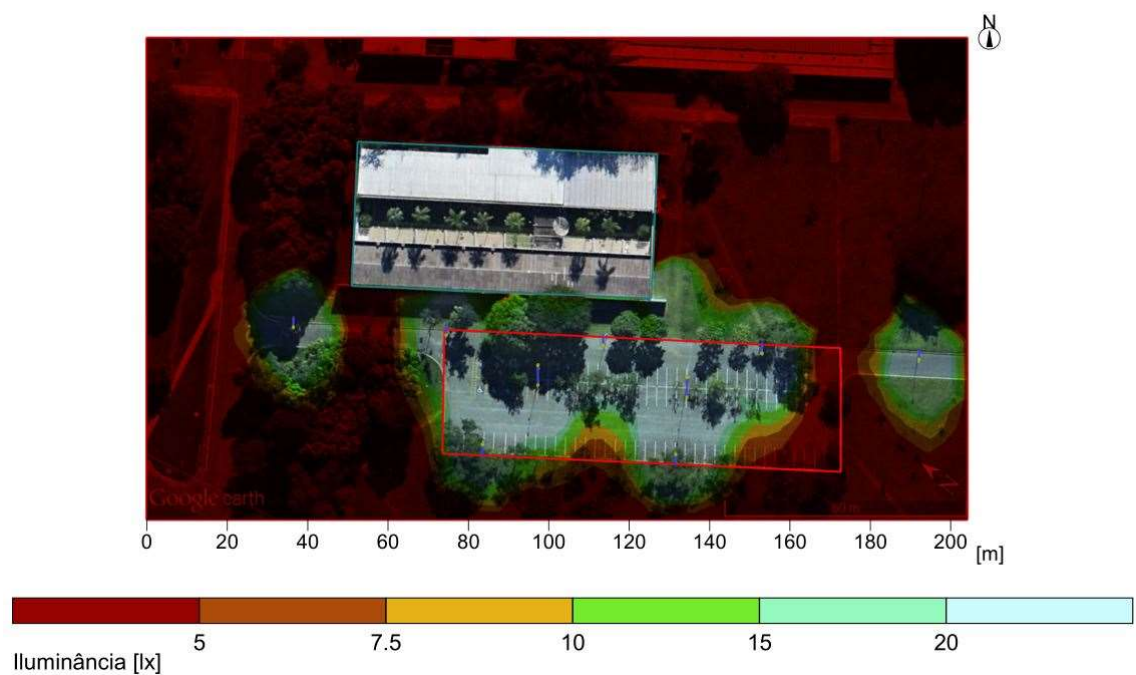


Figura 41 - FE - Estacionamento 1 - Distribuição de iluminância

Essa distribuição de luminárias não é suficiente para iluminar essa área de acordo com os critérios estabelecidos. Para esse estacionamento, as modificações foram: trocar as luminárias por luminárias de 150W e adicionar novos postes buscando uma distribuição mais uniforme da luz.

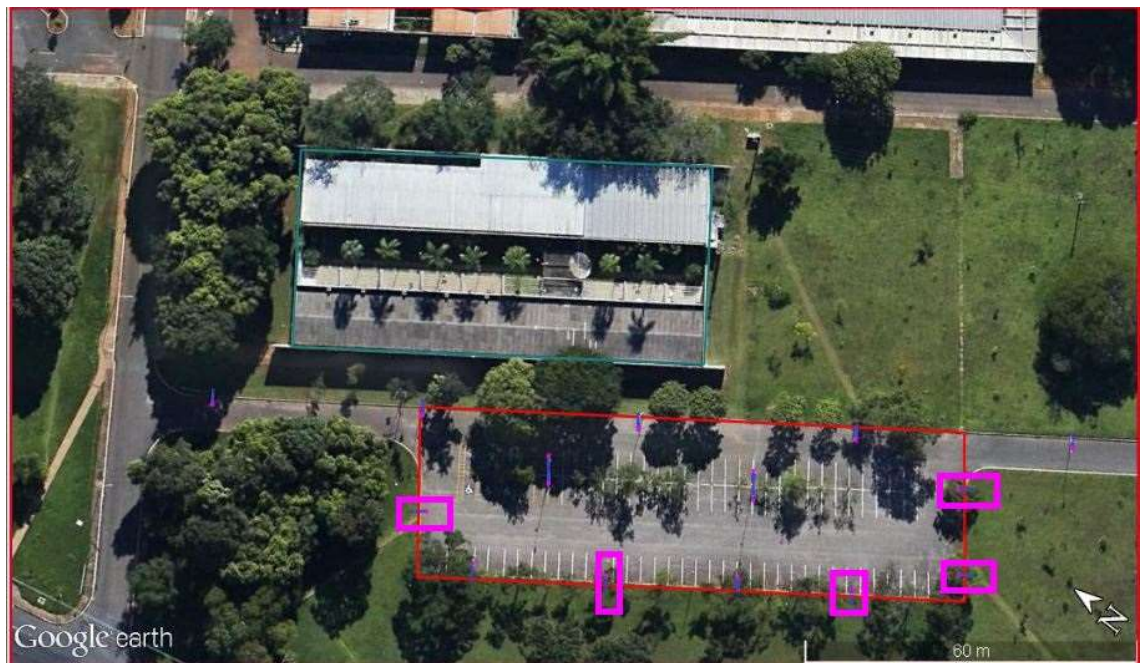


Figura 42 - FE - Estacionamento 1 - Novo projeto

Essa configuração gerou o seguinte resultado:

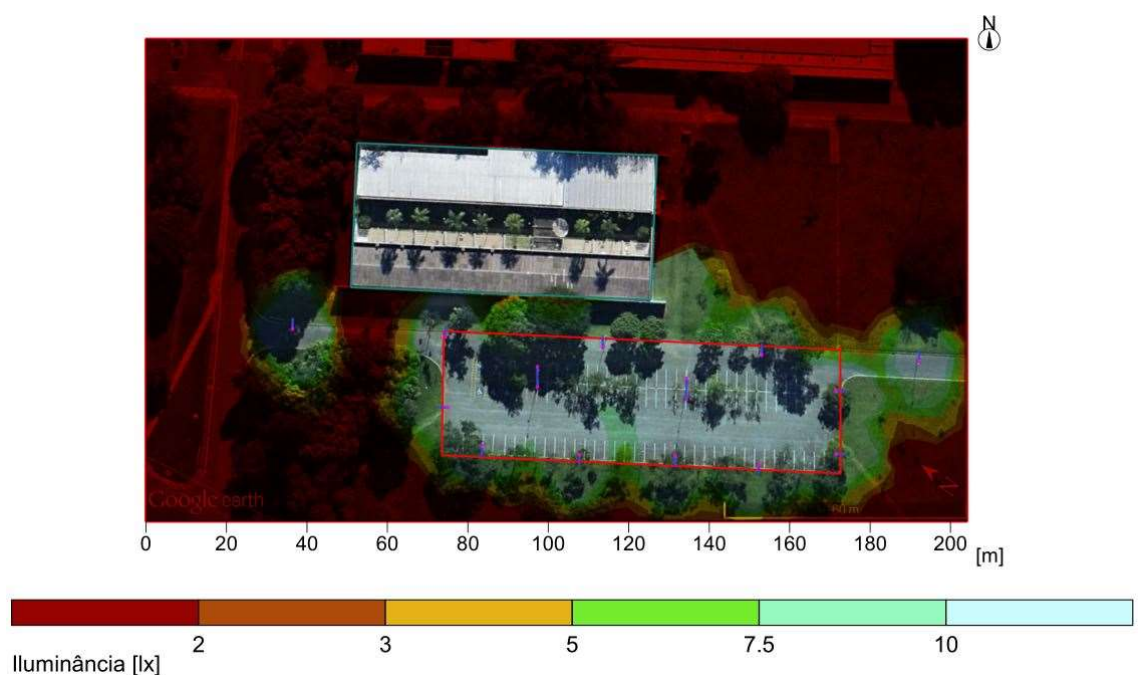


Figura 43 - FE - Estacionamento 1 - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento Dois Candangos	41	-	23	0,3

Tabela 20 - FE - Estacionamento 1 - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
FE - Parte 1	Original	-	-	-	-	12	-	3.000	0%
	Novo projeto	-	-	-	16	1	-	2.650	-12%

Tabela 21 - FE - Estacionamento 1 - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.29. Faculdade de Educação – Parte 2

Este estacionamento é iluminado por 4 luminárias de 250W montadas sobre postes simples de 7,5m de altura, e um outro poste similar aos outros na calçada de acesso ao prédio.

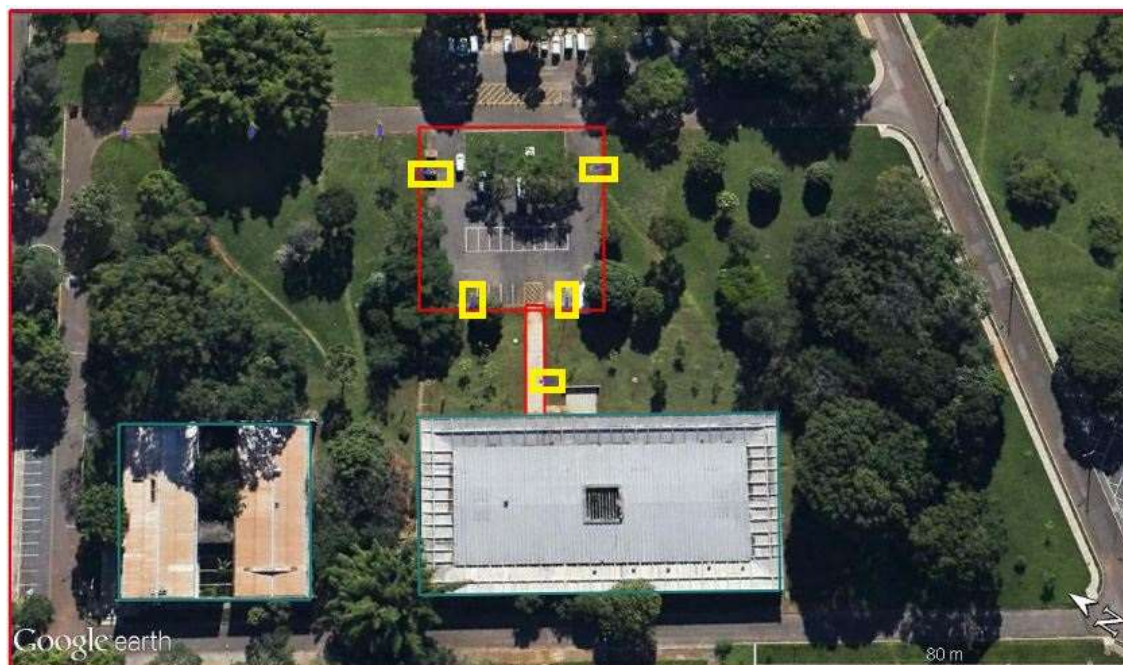


Figura 44 - FE - Estacionamento 2 - Sistema original

Para esta configuração, o resultado da simulação está mostrado abaixo:

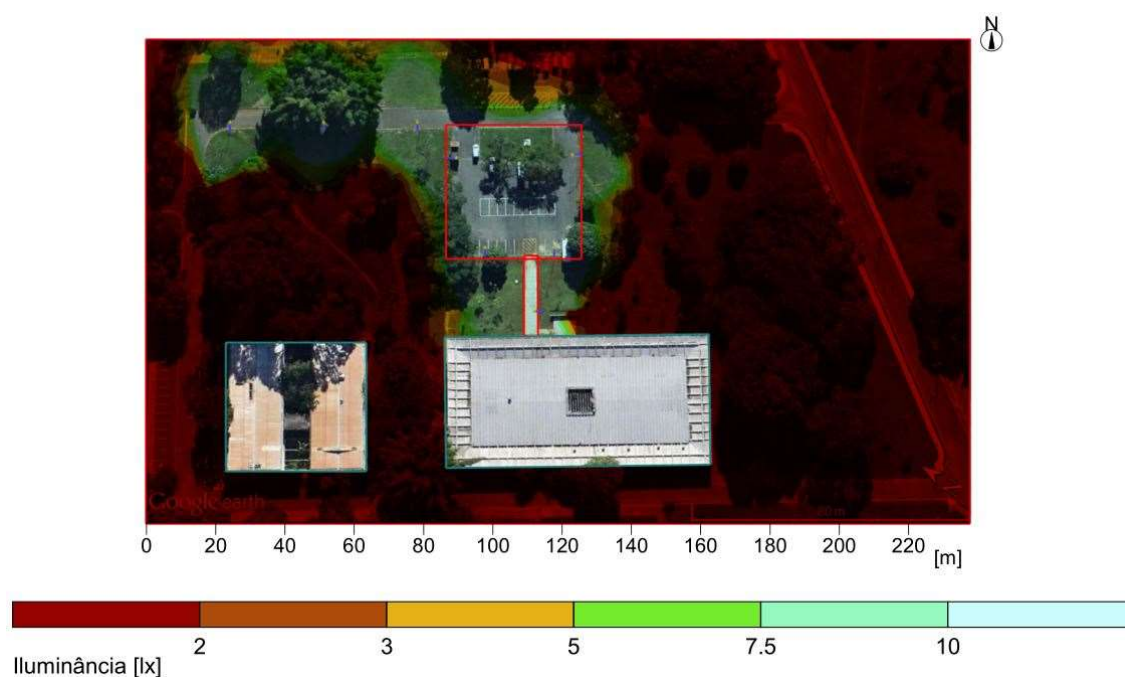


Figura 45 - FE - Estacionamento 2 - Distribuição de iluminância

Os resultados não atenderam os requisitos mínimos já que, mais uma vez a iluminância média é alta, porém o fator de uniformidade é muito baixo. Para resolver esses problemas, as luminárias de 250W foram substituídas por 150W e foram adicionados mais 4 postes no estacionamento e 1 poste de 5m de altura com uma luminária de 100W na calçada.

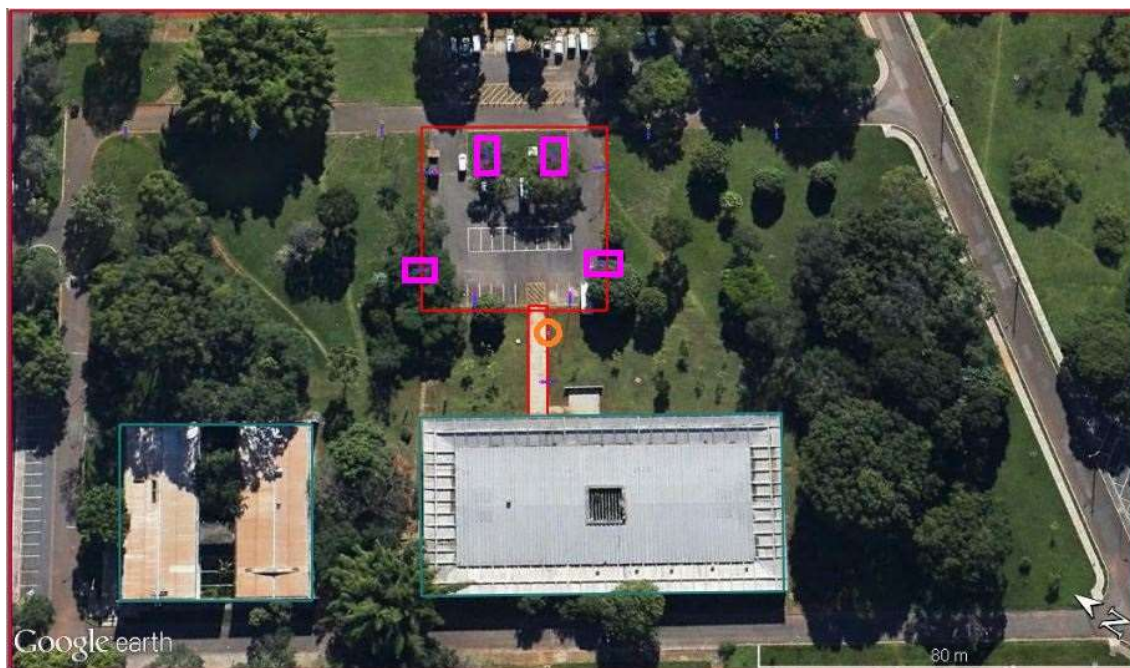


Figura 46 - FE - Estacionamento 2 - Novo projeto

E os resultados, agora atendendo os requisitos mínimos, foram:

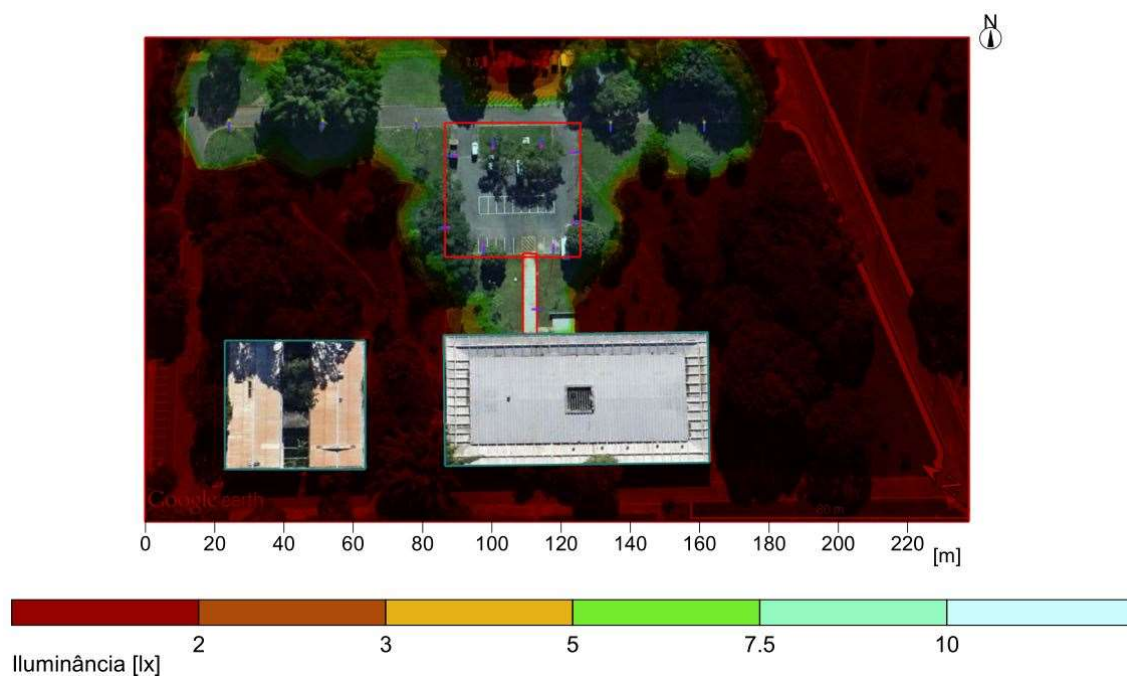


Figura 47 - FE - Estacionamento 2 - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento	35	0,1	28	0,3
2	Calçada de acesso	51	0,3	39	0,3

Tabela 22 - FE - Estacionamento 2 - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
FE - Parte 2	Original	-	-	-	-	8	-	2.000	0%
	Novo projeto	-	1	-	9	5	-	2.700	35%

Tabela 23 - FE - Estacionamento 2 - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.30. Faculdade de Saúde – Estacionamento 1

Nesta área existem três áreas de interesse: o estacionamento da Faculdade de Saúde, a Faculdade de Nutrição e a parada de ônibus. O perímetro do estacionamento da Faculdade de Saúde possui luminárias antigas, que foram consideradas como sendo de 125W e estão posicionadas em postes de 7,5m e, no canteiro central tem postes de 6m de altura com luminárias de 150W. A parada de ônibus tem dois postes de 5m de altura com luminárias de 150W e o estacionamento da Faculdade de Nutrição possui uma fileira com 5 luminárias de 250W em postes de 7,5m.

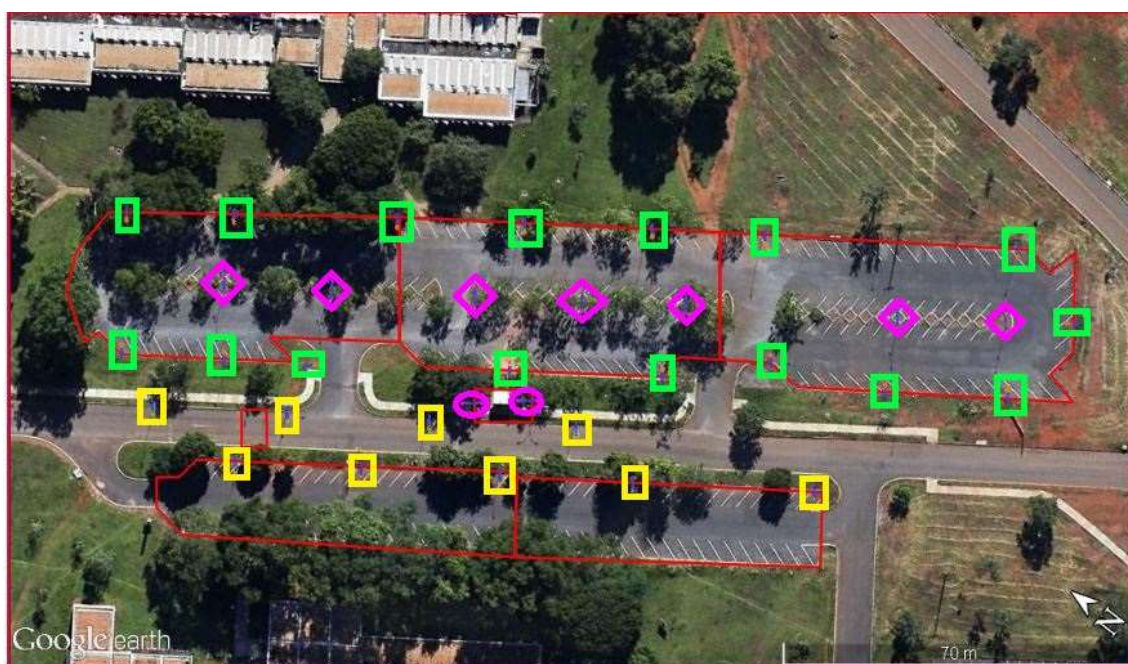


Figura 48 - FS - Sistema original

E o resultado da simulação é o seguinte:

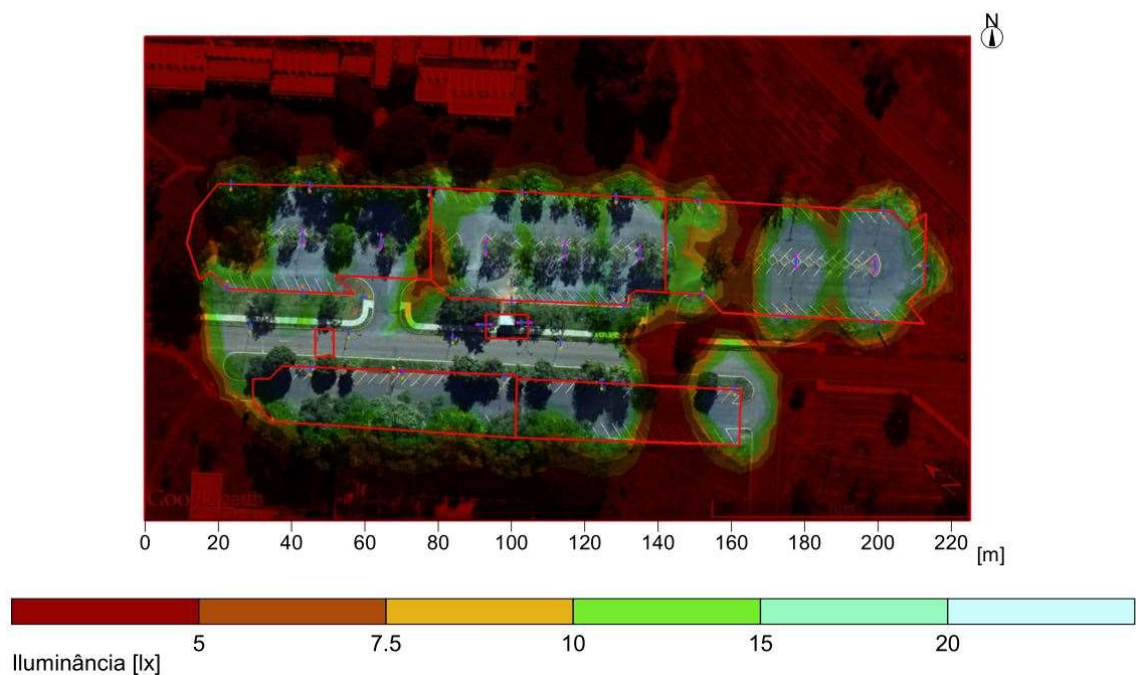


Figura 49 - FS - Distribuição de iluminância

Todas as áreas são aprovadas no critério de iluminância média, porém falham no quesito fator de uniformidade. Para resolver o problema foram adicionados novos postes para eliminar pontos escuros no mapa. A potência das luminárias foi uniformizada para 150W.

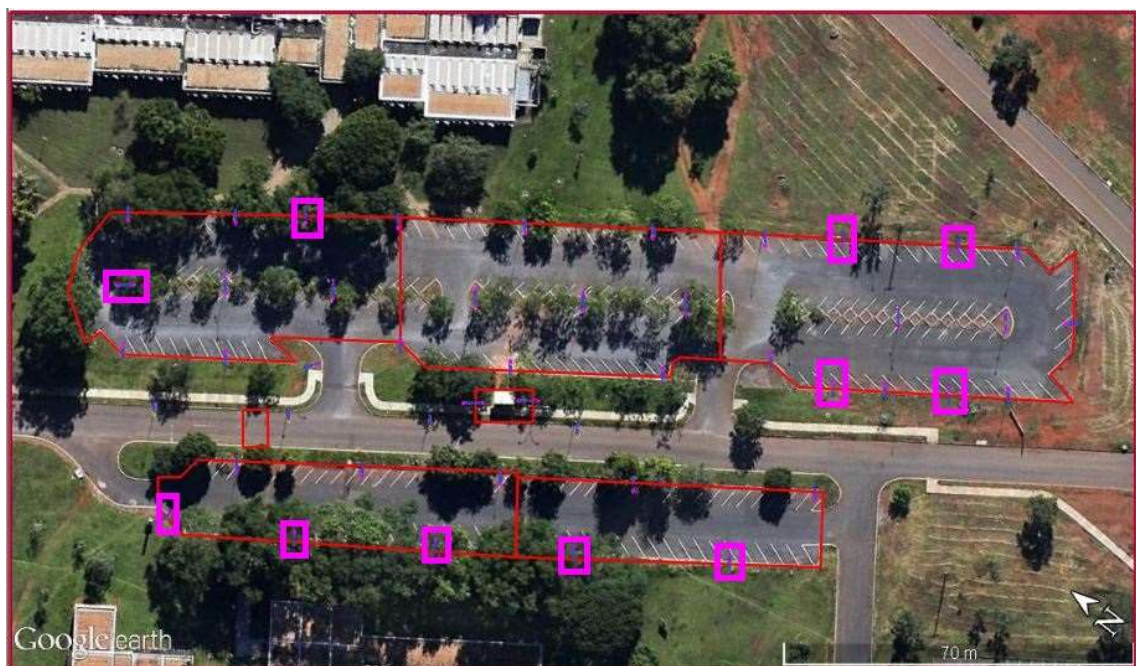


Figura 50 - Novo projeto

Com essa configuração os requisitos foram atendidos em todas as áreas de medição.

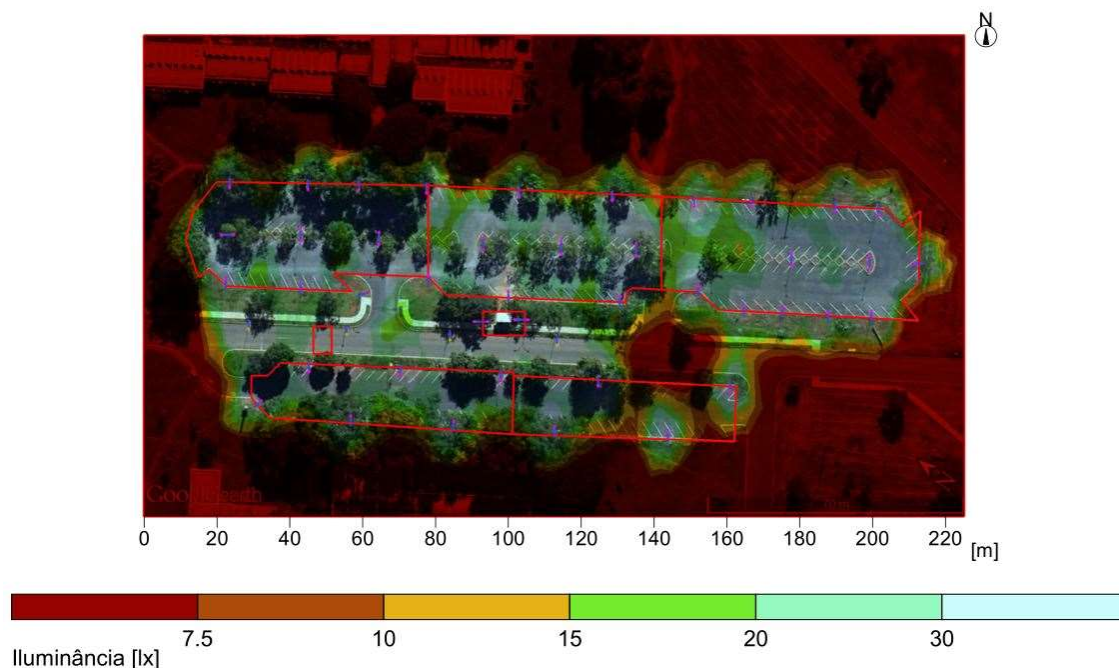


Figura 51 - FS - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento - Norte	21	0,1	40	0,3
2	Estacionamento - Centro	27	0,1	36	0,3
3	Estacionamento - Sul	21	0,1	37	0,3
4	Estacionamento Nutrição - Sul	25	0,1	20	0,3
5	Estacionamento Nutrição - Norte	34	0,2	29	0,3
6	Parada de Ônibus	149	0,3	156	0,4
7	Faixa de Pedestre	48	0,4	38	0,5

Tabela 24 - FS - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
FS - Estacionamento 1	Original	-	-	16	18	9	-	6.950	0%
	Novo projeto	-	-	-	52	4	-	8.800	27%

Tabela 25 - FS - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.31. Faculdade de Tecnologia – Estacionamento 1

A principal fonte de luz nessa área são as luminárias de 250W montadas sobre postes de 7,5m e espalhadas pelo estacionamento. Além disso, ainda existem dois refletores montados na fachada do prédio e um poste do tipo globo iluminando uma das saídas.

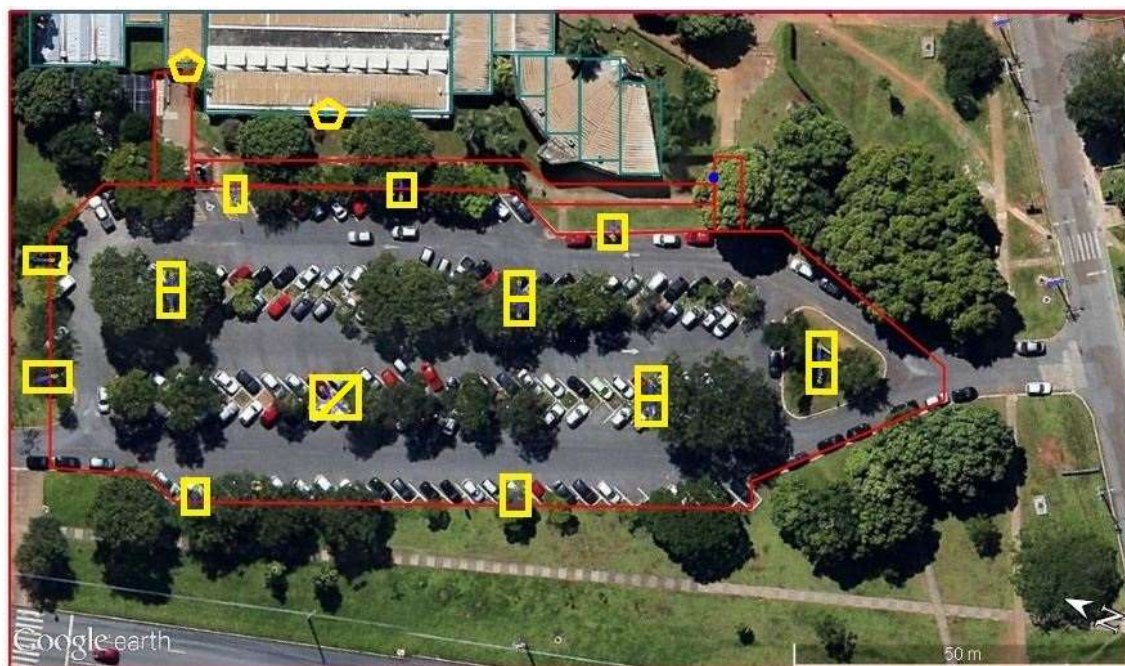


Figura 52 - FT - Estacionamento 1 - Sistema original

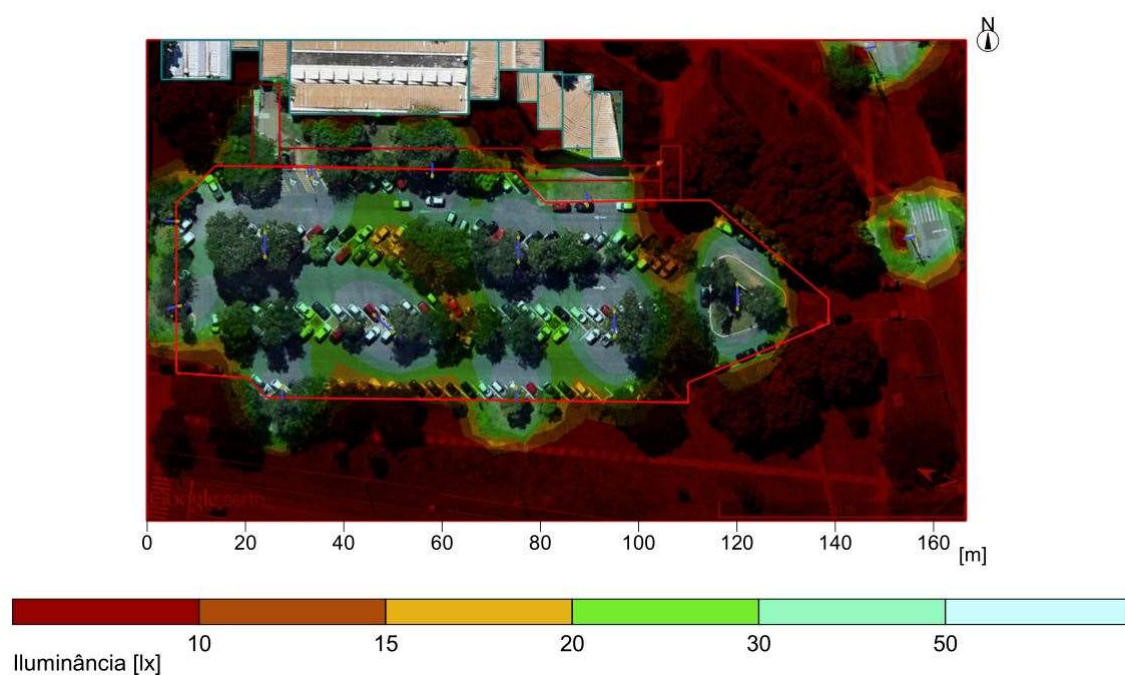


Figura 53 - FT - Estacionamento 1 - Distribuição de iluminância

A combinação de luminárias de 250W com postes de 7,5m gera uma iluminância média alta, porém com um fator de uniformidade baixo. Para resolver isso, mais uma vez, as luminárias tiveram sua potência e mais postes foram instalados. Também foram instalados postes de 5m de altura para iluminar a calçada e o poste tipo globo foi eliminado.

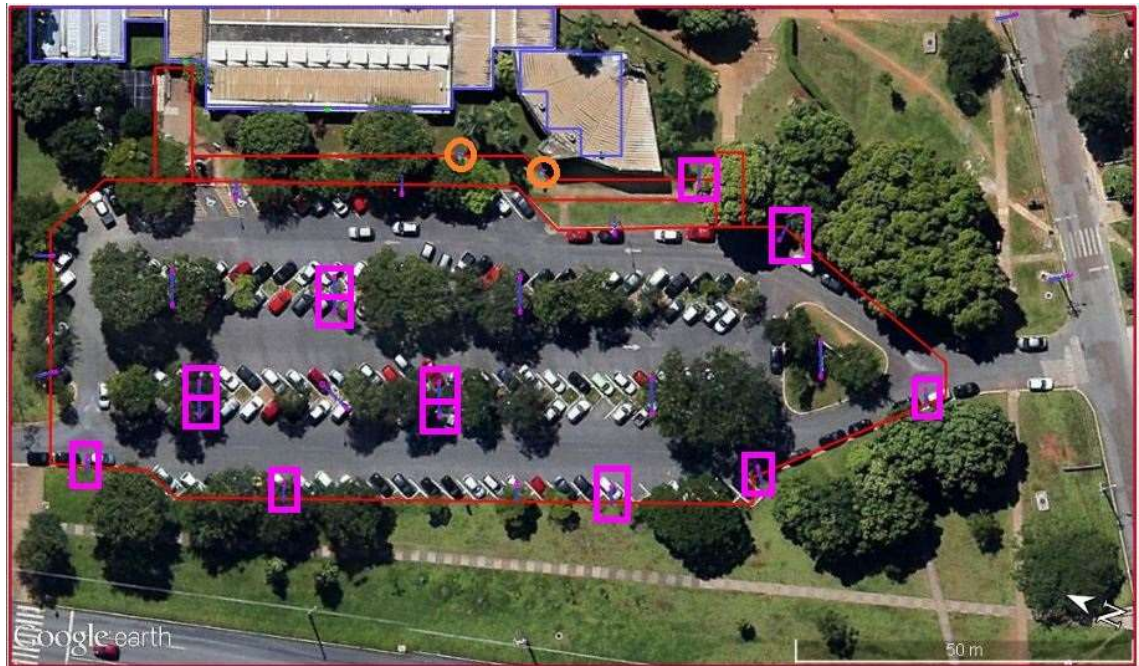


Figura 54 - FT - Estacionamento 1 - Novo projeto

Com essas modificações, todas as áreas de medição obtiveram valores aceitáveis.

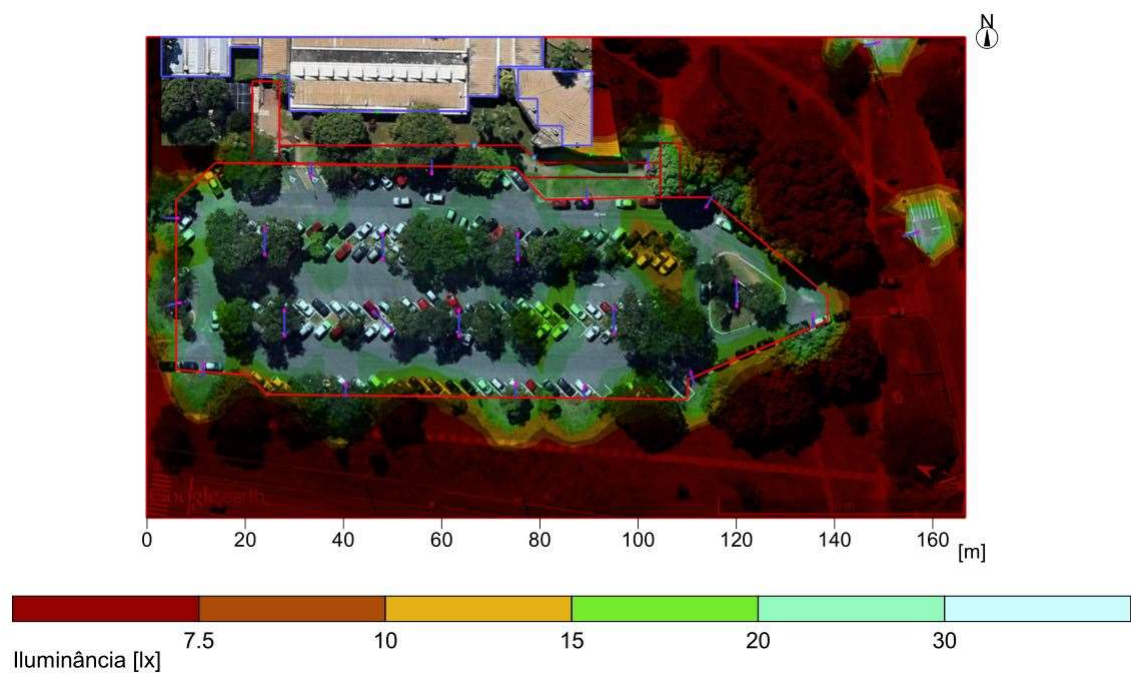


Figura 55 - FT - Estacionamento 1 - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento	50	-	33	0,3
2	Entrada Guarita	58	0,1	26	0,8
3	Entrada Auditório	6	0,7	26	0,4
4	Calçada	46	0,2	40	0,4

Tabela 26 - FT - Estacionamento 1 - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
FS - Estacionamento 1	Original	-	-	16	18	9	-	6.950	0%
	Novo projeto	-	-	-	52	4	-	8.800	27%

Tabela 27 - FT - Estacionamento 1 - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.32. Faculdade de Tecnologia – Estacionamento 2

Seguindo o padrão do estacionamento anterior, a maior parte das luminárias são de 250W sobre postes de 7,5m. Existem ainda alguns refletores na fachada do Bloco G e 4 postes de 5m de altura com luminárias de 150W iluminando a calçada entre a FT e o Bloco H.

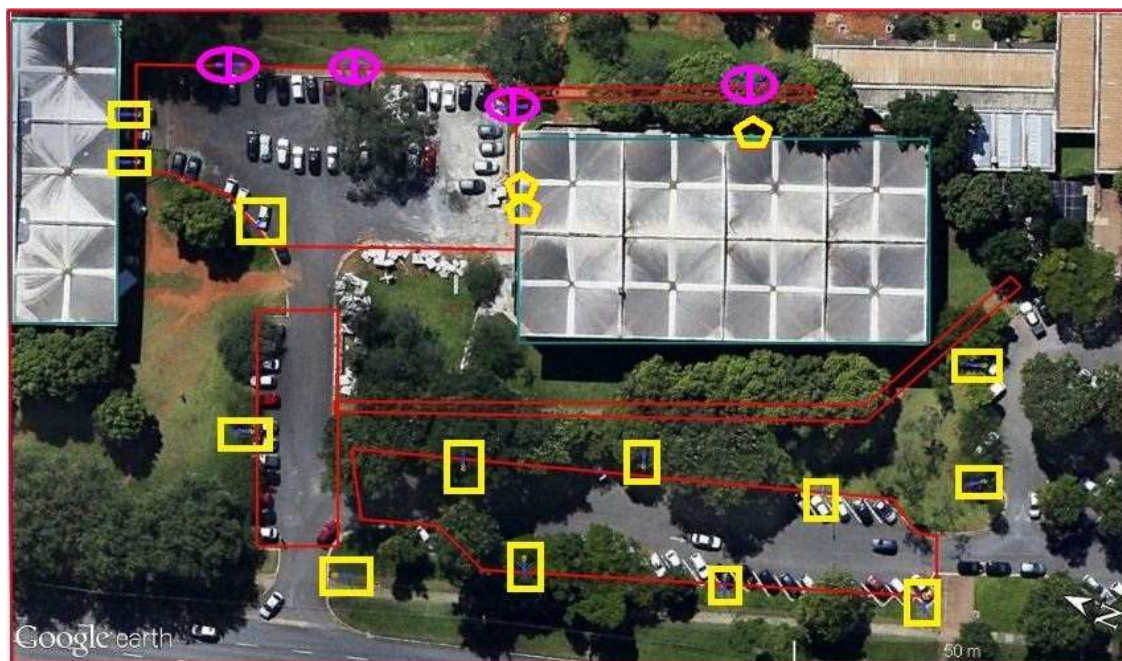


Figura 56 - FT - Estacionamento 2 - Sistema original

Para essa disposição de luminárias, o resultado é o seguinte:

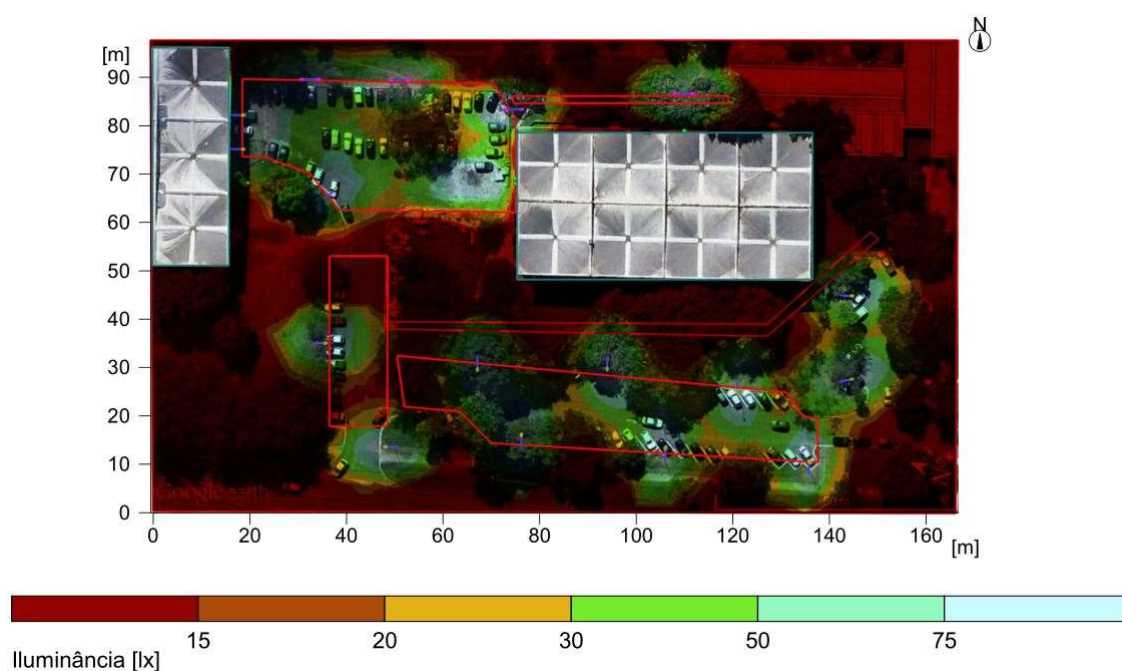


Figura 57 - FT - Estacionamento 2 - Distribuição de iluminância

Principal modificação foi a adição de postes iluminando a calçada que passa por baixo das árvores. Além disso foram adicionados postes na parte esquerda do estacionamento e a potência das luminárias existentes foi reduzida.

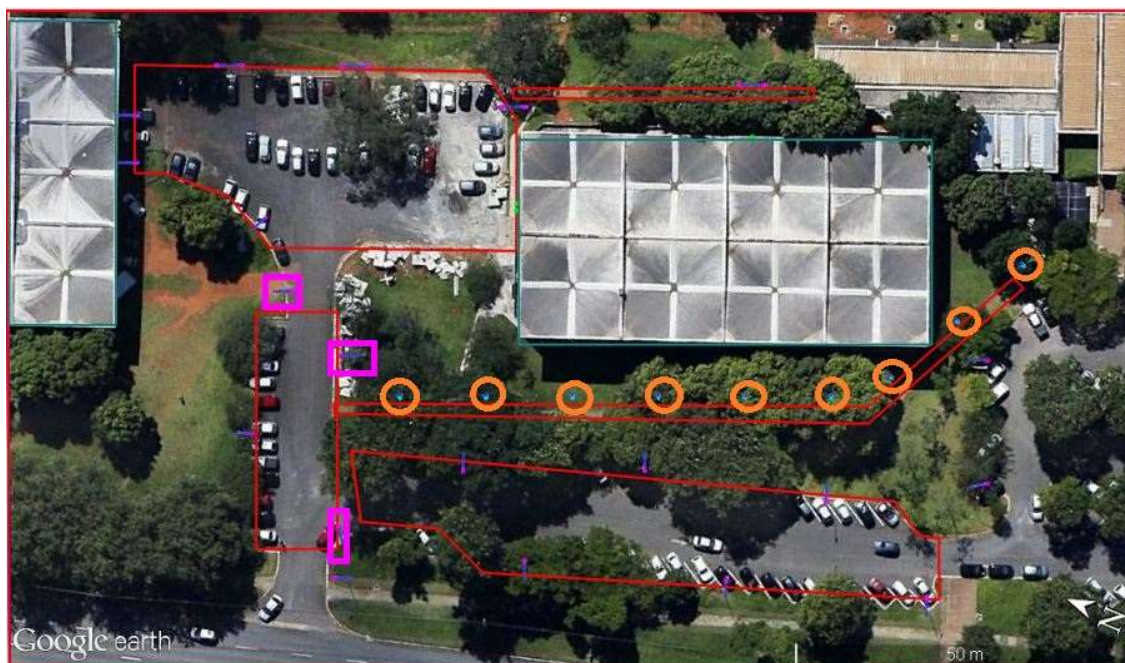


Figura 58 - FT - Estacionamento 2 - Novo projeto

Com as modificações, todas as áreas atingem os critérios mínimos.

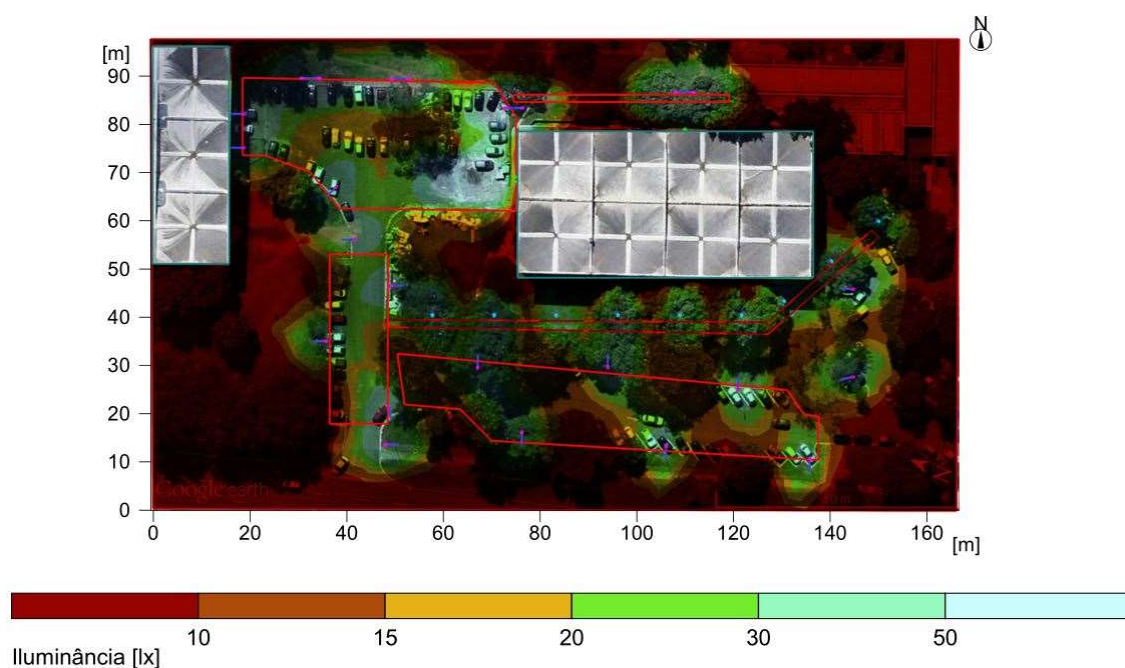


Figura 59 - FT - Estacionamento 2 - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento Bloco G	54	0,2	21	0,4
2	Calçada Engenharia da Produção	83	-	21	0,3
3	Estacionamento L3	46	0,2	27	0,4
4	Estacionamento L3 - Norte	23	0,1	28	0,4
5	Calçada árvores	16	0,2	37	0,3

Tabela 28 - FT- Estacionamento 2 - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
FT - Estacionamento 2	Original	-	-	-	8	16	-	5.200	0%
	Novo projeto	-	9	-	24	3	-	5.250	1%

Tabela 29 - FT - Estacionamento 2 - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.33. ICC Norte

Esta área possui 122 luminárias instaladas, sendo a maioria de 150W. As luminárias do estacionamento estão montadas sobre postes de 6m, as das calçadas sobre postes de 7,5m e as das paradas de ônibus sobre postes de 5m.



Figura 60 - ICC Norte - Sistema original

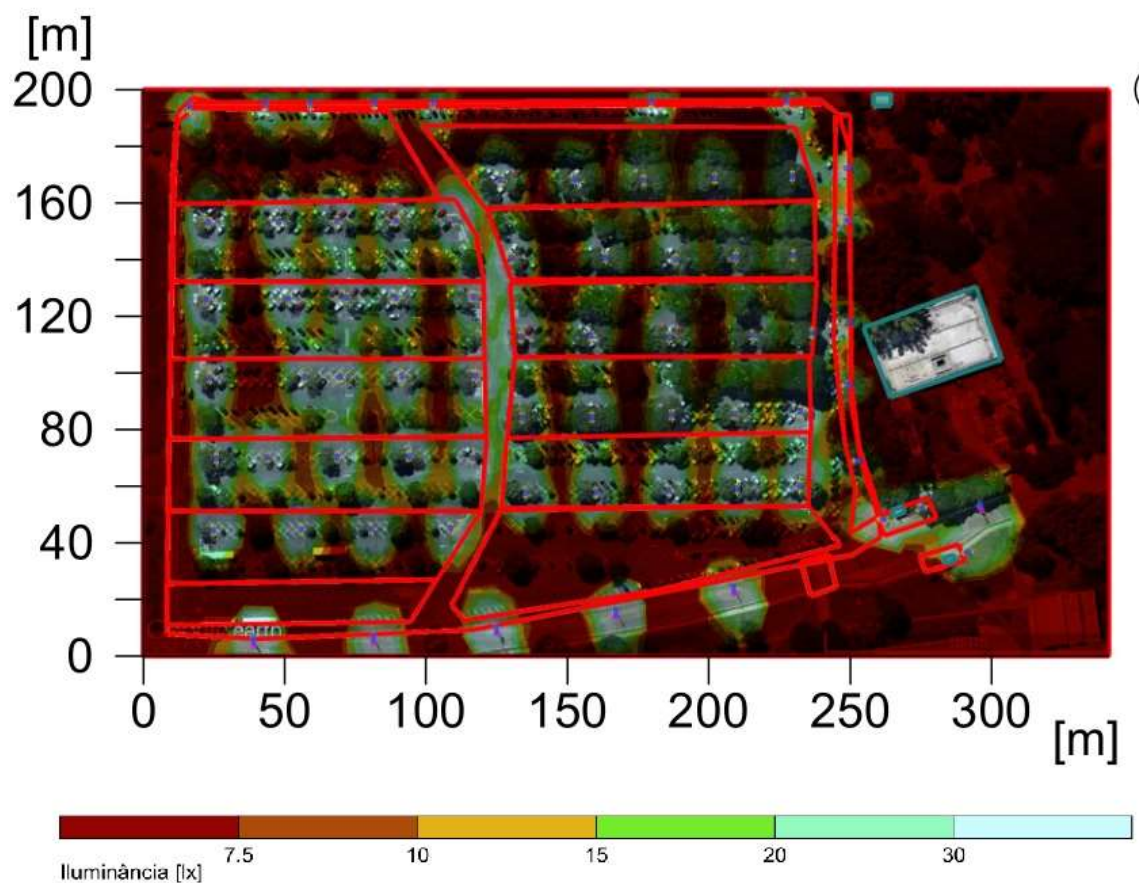


Figura 61 - ICC Norte - Distribuição de iluminância

Essa configuração gera algumas faixas escuras e, em algumas áreas de medição, a iluminância média não é atingida. Para solucionar os problemas dessa região foram instaladas luminárias buscando iluminar os pontos de iluminância mínima de cada área até que os requisitos mínimos fossem atingidos.



Figura 62 - ICC Norte - Novo projeto

Os resultados estão exibidos a seguir.

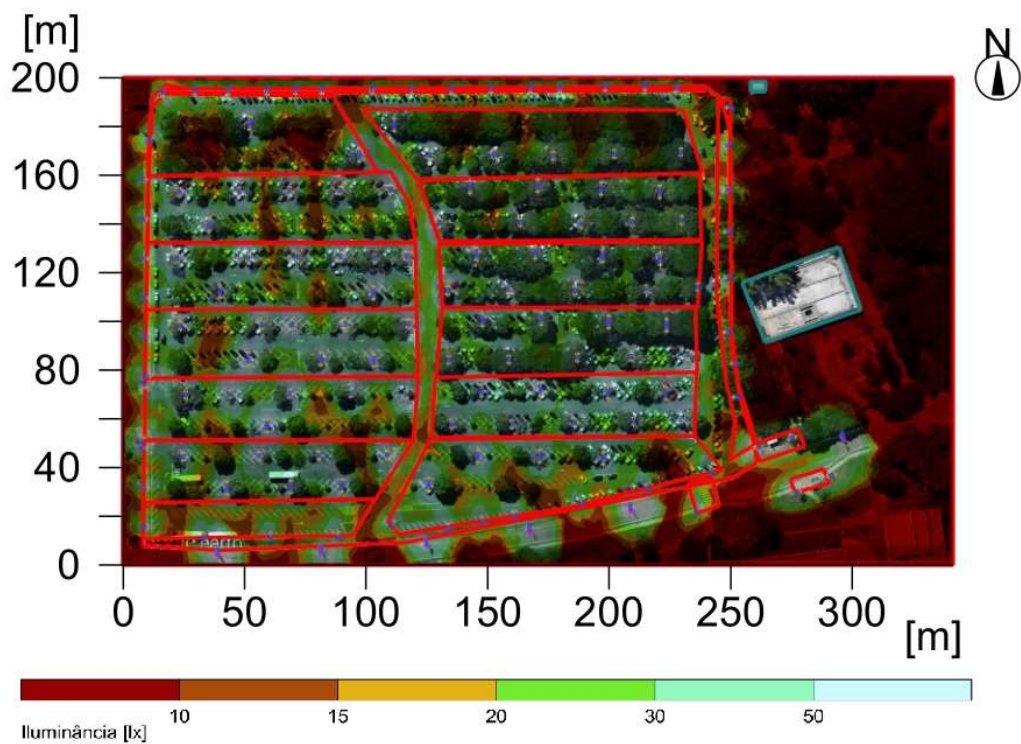


Figura 63 - ICC Norte - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Geral	19	-	34	0,2
2	Parada de ônibus MASC	83	0,4	86	0,4
3	Parada de ônibus FT	30	-	73	0,4
4	Calçada ICC	13	0,1	31	0,3
5	Estacionamento	9	0,3	22	0,3
6	Estacionamento	25	0,1	33	0,3
7	Estacionamento	24	0,1	40	0,3
8	Estacionamento	24	-	40	0,2
9	Estacionamento	25	-	36	0,3
10	Estacionamento	19	0,1	37	0,2
11	Estacionamento	3	0,1	21	0,3
12	Estacionamento	5	0,1	28	0,3
13	Estacionamento	25	0,2	45	0,3
14	Estacionamento	24	0,2	44	0,4
15	Estacionamento	23	0,1	44	0,4
16	Estacionamento	23	0,1	42	0,3
17	Estacionamento	21	-	32	0,3
18	Calçada MASC	18	0,1	26	0,3
19	Faixa de Pedestre	1	0,5	26	0,3

Tabela 30 - ICC Norte - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
ICC Norte	Original	-	-	-	116	6	-	18.900	0%
	Novo projeto	-	-	-	220	6	-	34.500	83%

Tabela 31 - ICC Norte - Comparação do número de luminárias e potência instalada

Como, de todos os locais analisados, o ICC Norte é onde há maior presença de sombreamentos provenientes de árvores, este é o resultado mais distorcido pela simplificação que desconsidera a vegetação neste estudo. Com base na comparação dos resultados obtidos nas medições de campo que Barbosa fez em 2005 com a simulação de Pereira e Piccirilli [9] foi majorada a interferência que esta simplificação tem neste estudo. O valor de iluminância média obtido na medição em campo foi de 13 lux e o valor resultante da

simulação que utilizou a mesma divisão de áreas de medição foi de 17 lux, o que limita a diferença entre os resultados considerando ou não a presença de árvores a aproximadamente 30%, o que é um valor significativo. Portanto conclui-se que, no momento do projeto que será utilizado na instalação real pode ser necessário aprimorar o modelo para considerar essas perdas. Porém, como este estudo busca a formulação de projetos básicos para indicar locais que necessitam de mais iluminação e fornecer uma estimativa inicial de quantas intervenções são necessárias ao invés de fornecer um projeto definitivo de instalação para cada uma das áreas, esta simplificação pode continuar sendo utilizada.

1.34. ICC Sul

Com 123 luminárias, este é o estacionamento com maior potência instalada no *Campus Darcy Ribeiro*. A maioria delas é de 125W e está em postes de 7,5m de altura. Na parte mais abaixo na imagem as luminárias são de 150W e, além dessas, estão instaladas algumas luminárias de 250W sobre dois postes de 13m de altura.

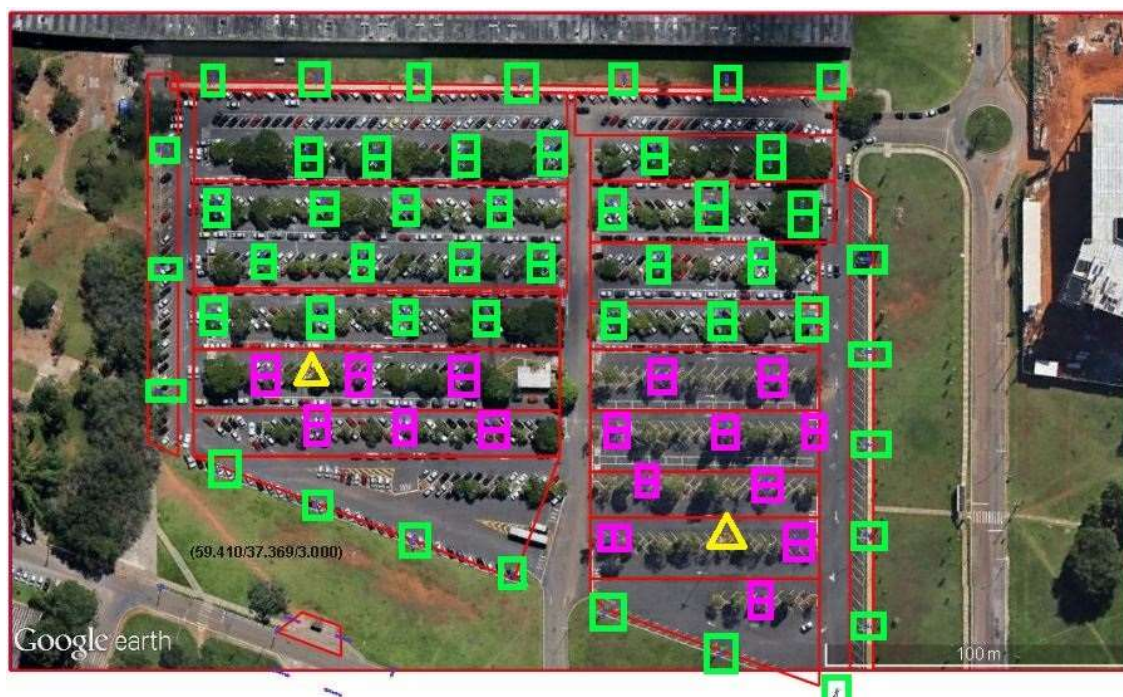


Figura 64 - ICC Sul - Sistema original

A simulação mostra que a maior parte do estacionamento tem uma iluminância menor do que o mínimo exigido.

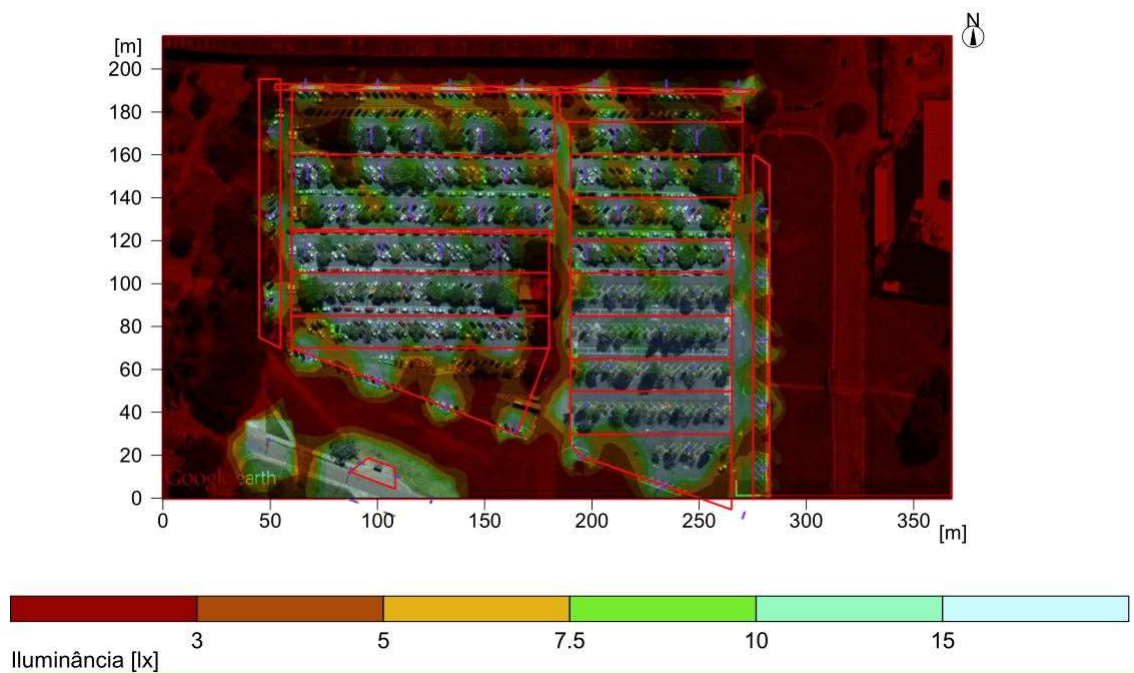


Figura 65 - ICC Sul - Distribuição de iluminância

Como solução, foram instaladas mais luminárias.



Figura 66 - ICC Sul - Novo projeto

Com os novos postes, todas as áreas atendem aos critérios mínimos. E os resultados estão mostrados abaixo.

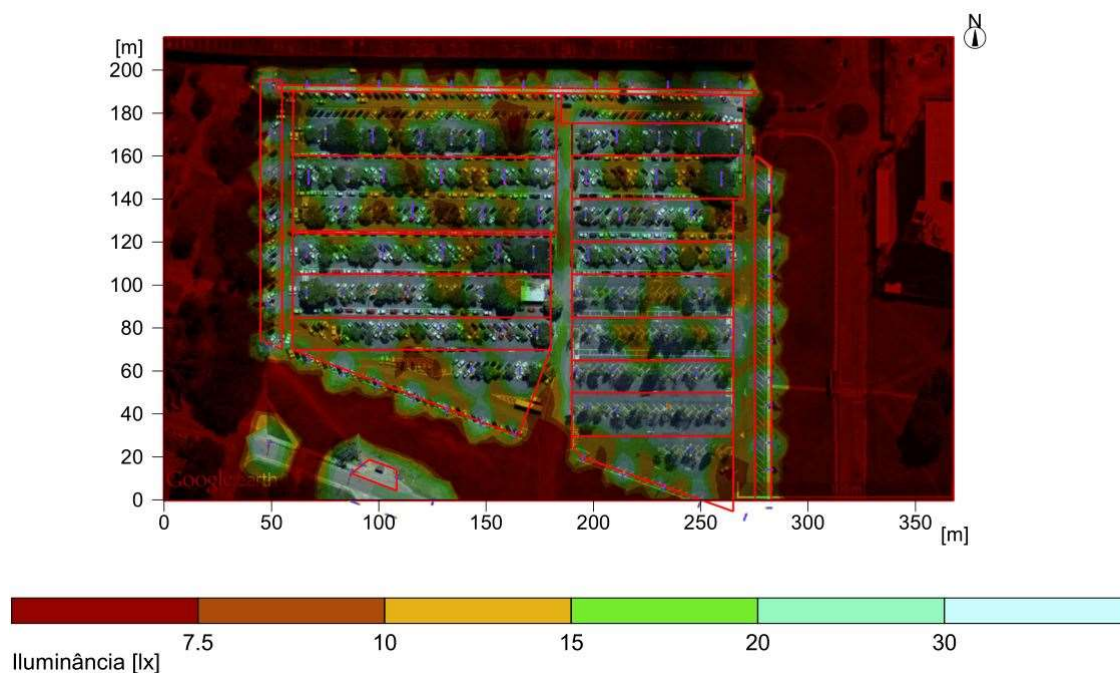


Figura 67 - ICC Sul - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Calçada ICC	8	0,1	22	0,4
2	Estacionamento	9	0,2	20	0,3
3	Estacionamento	13	0,2	21	0,3
4	Estacionamento	19	0,1	26	0,3
5	Estacionamento	34	0,1	44	0,2
6	Estacionamento	22	-	31	0,3
7	Estacionamento	7	0,2	21	0,4
8	Estacionamento	5	0,4	20	0,6
9	Estacionamento	10	0,2	32	0,3
10	Estacionamento	12	0,2	20	0,4
11	Estacionamento	11	0,3	27	0,3
12	Estacionamento	15	0,3	27	0,3
13	Estacionamento	21	0,2	29	0,3
14	Estacionamento	27	0,2	30	0,3
15	Estacionamento	33	0,1	42	0,3
16	Estacionamento	40	0,2	49	0,2
17	Estacionamento	15	0,2	21	0,3
18	Calçada MASC	5	0,1	21	0,3
19	Calçada BSAS	8	0,1	21	0,5
20	Parada de ônibus	69	0,4	69	0,4

Tabela 32 - ICC Sul - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
ICC Sul	Original	-	-	74	40	9	-	17.500	0%
	Novo projeto	-	-	-	168	8	-	27.200	55%

Tabela 33 - ICC Sul - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.35. Instituto de Artes

O sistema de iluminação dessa área pode ser dividido em duas partes, as luminárias de 250W instaladas para iluminar nas vias de tráfego de carro e as luminárias de 150W instaladas nas áreas de convivência sob as árvores.

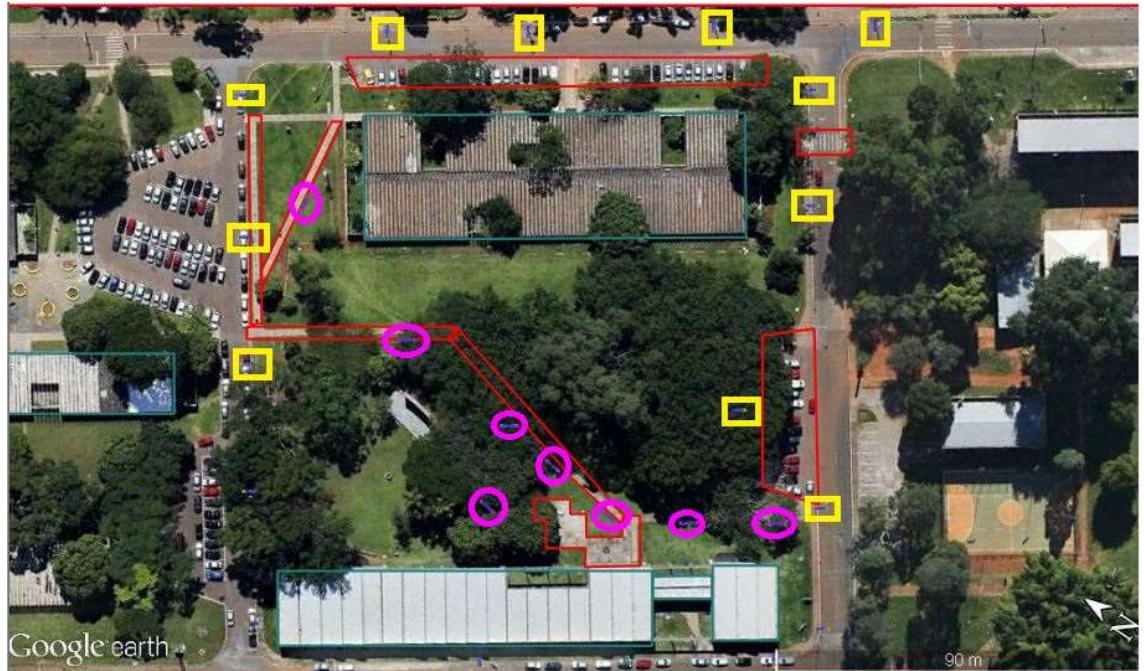


Figura 68 - IdA - Sistema original

O resultado dessa configuração está mostrado abaixo.

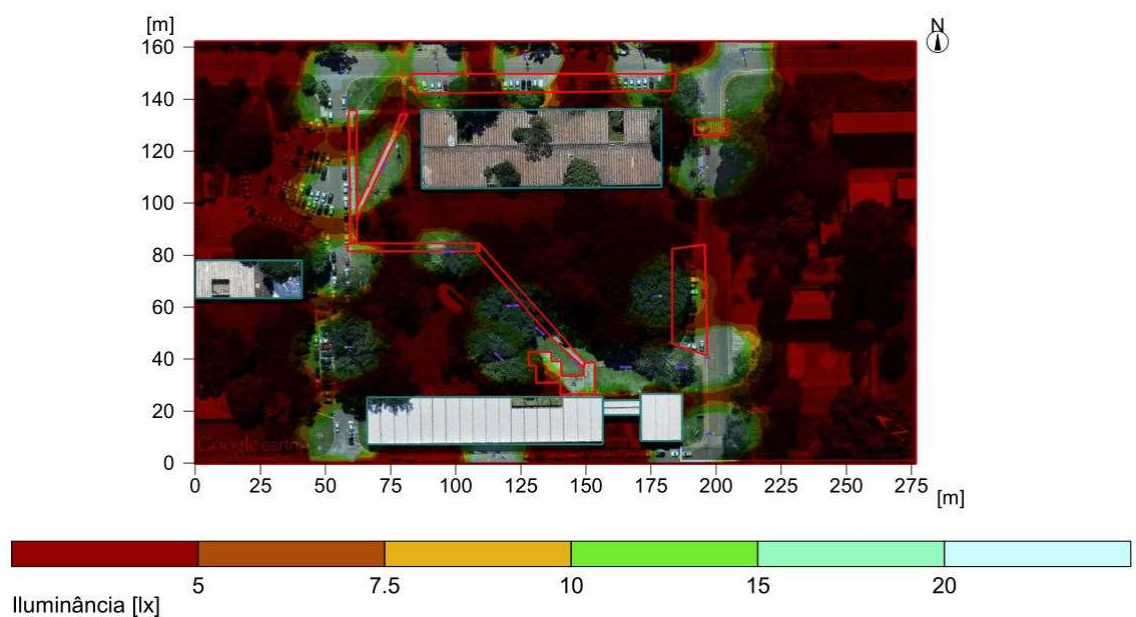


Figura 69 - IdA - Distribuição de iluminância

É possível ver que a iluminação já instalada não é suficiente nem para os estacionamentos nem para as calçadas e demais áreas de convivência. Como solução recomenda-se a instalação de postes de 7,5m de altura nos estacionamentos e a instalação de luminárias de 100W sobre postes de 5m nas áreas de convivência.

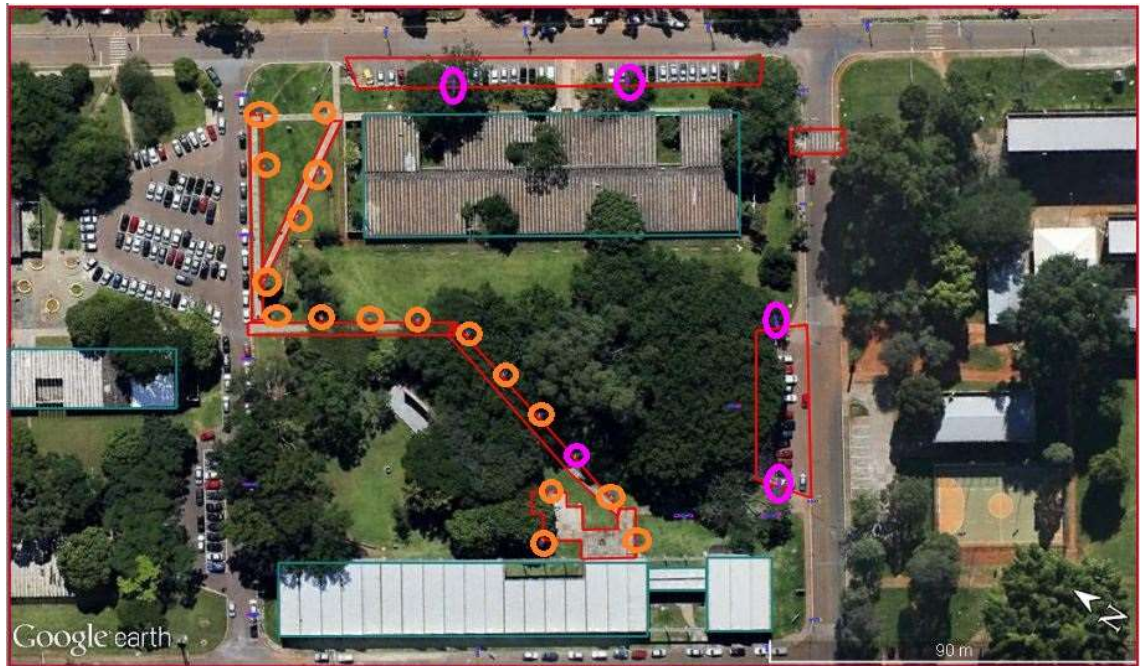


Figura 70 - IdA - Novo projeto

Os resultados, agora satisfatórios, estão mostrados abaixo.

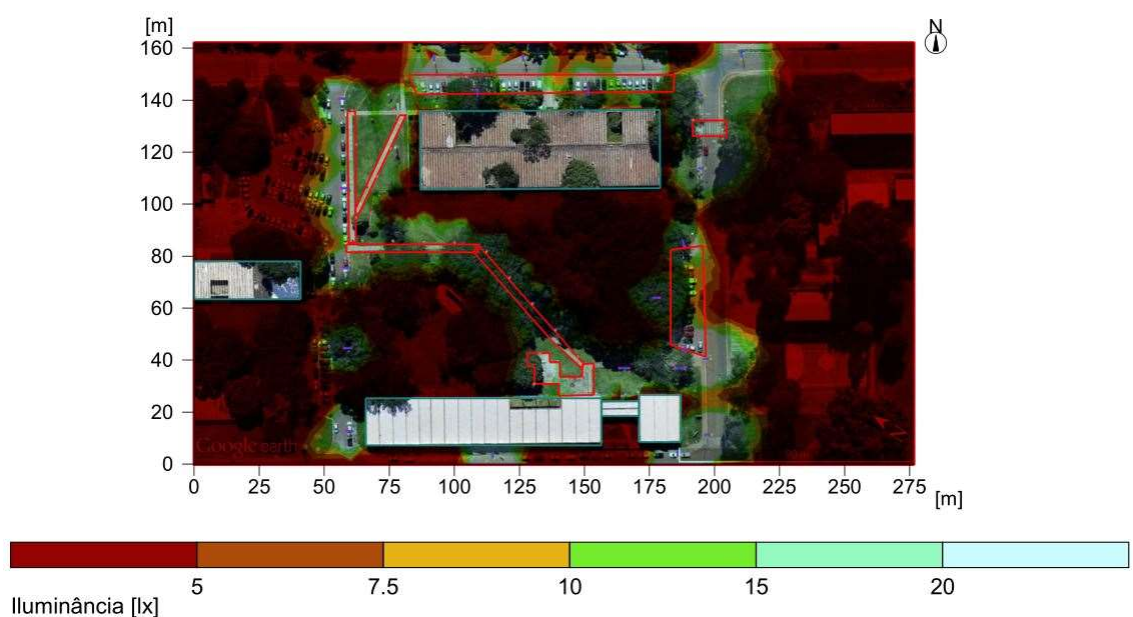


Figura 71 - IdA - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Praça	18	0,1	35	0,4
2	Calçada Estacionamento Música	20	0,1	38	0,4
3	Estacionamento Banco do Brasil	14	0,1	22	0,3
4	Calçada árvores	37	-	34	0,4
5	Estacionamento Santander	14	0,1	20	0,3
6	Calçada árvores	54	-	35	0,3
7	Calçada Estacionamento Música	49	0,1	36	0,3
8	Faixa de Pedestre	7	0,6	43	0,4

Tabela 34 - IdA - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
IdA	Original	-	-	-	16	17	-	6.650	0%
	Novo projeto	1	20	-	14	10	-	6.650	0%

Tabela 35 - IdA - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.36. Instituto de Música

A iluminação do Instituto de Música é feita, em sua maior parte, por luminárias de 250W em postes de 7,5m de altura. Além disso existem algumas luminárias de 150W nas áreas de convivência e alguns postes do tipo globo.

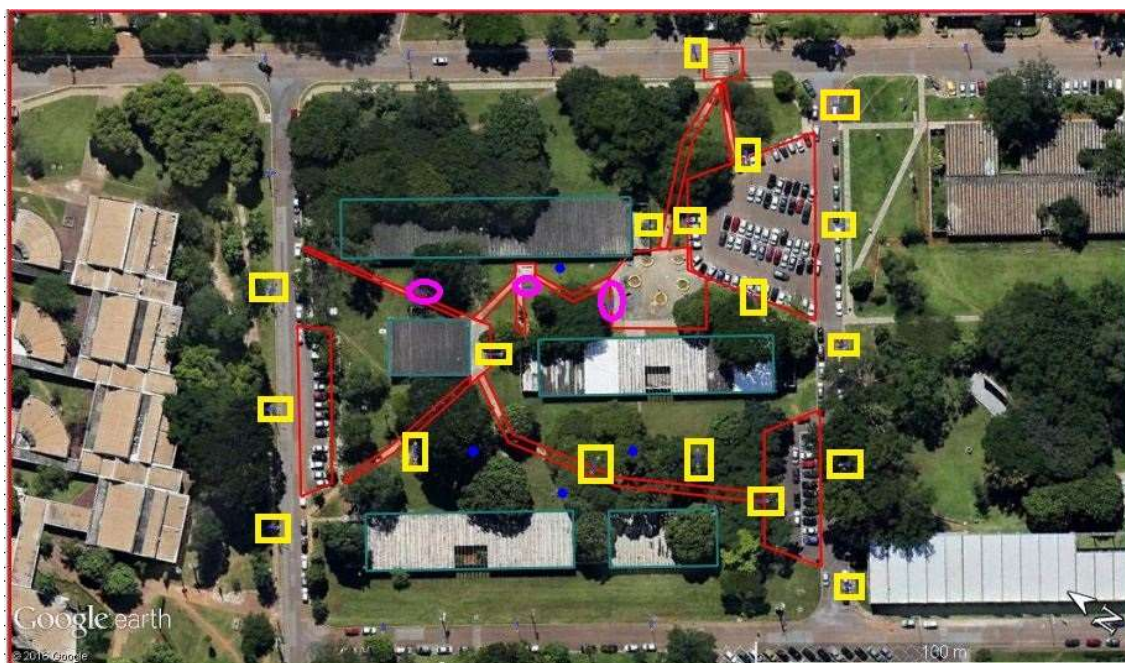


Figura 72 - Instituto de Música - Sistema original

O resultado da simulação foi:

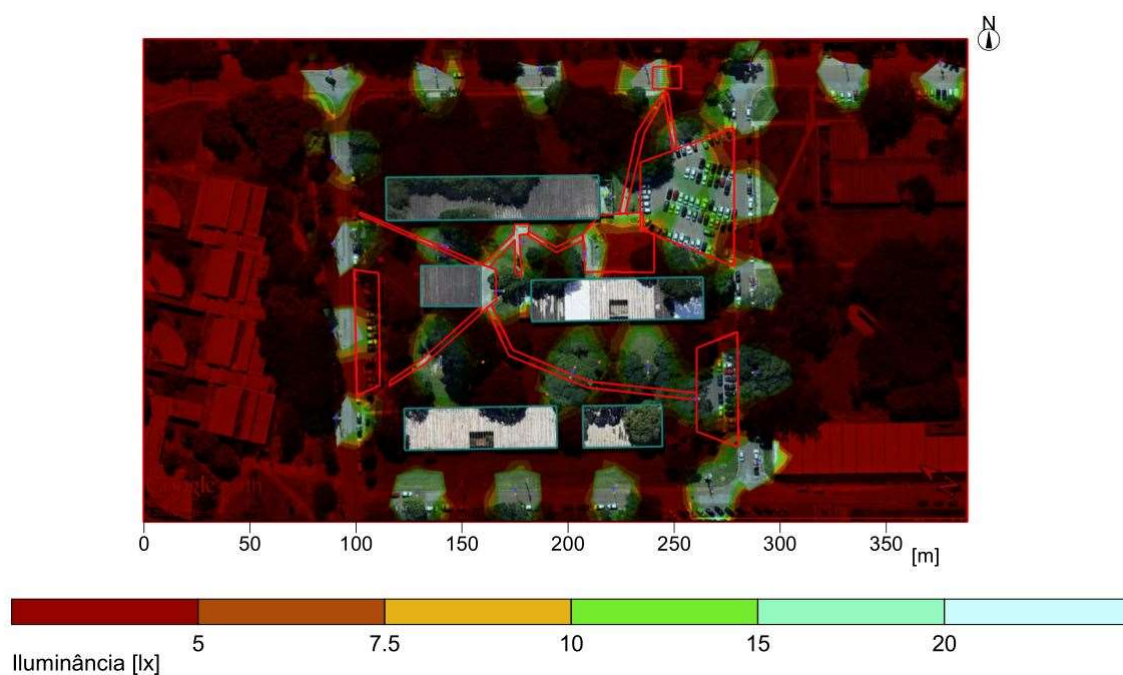


Figura 73 - Instituto de Música - Distribuição de iluminância

O sistema presente não atende bem os estacionamentos e as calçadas internas, por isso foi proposta a instalação de postes de 5m com luminárias de 100W nas calçadas e luminárias de 150W nos estacionamentos e na praça de convivência.

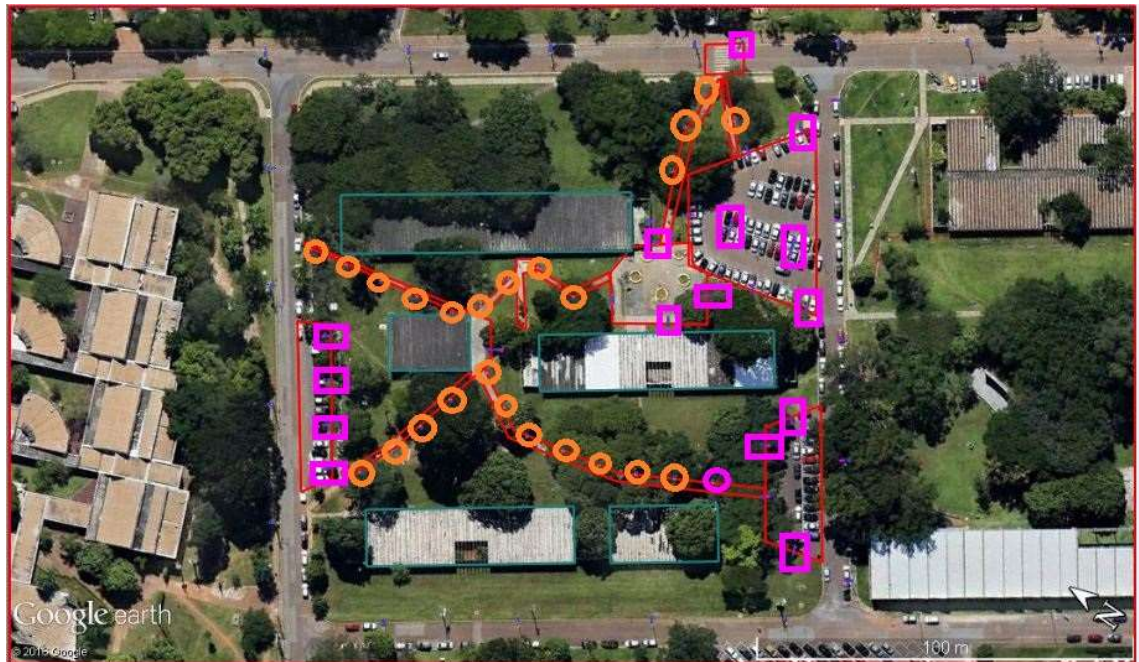


Figura 74 - Instituto de Música - Novo projeto

E os resultados dessas modificações estão mostrados abaixo.

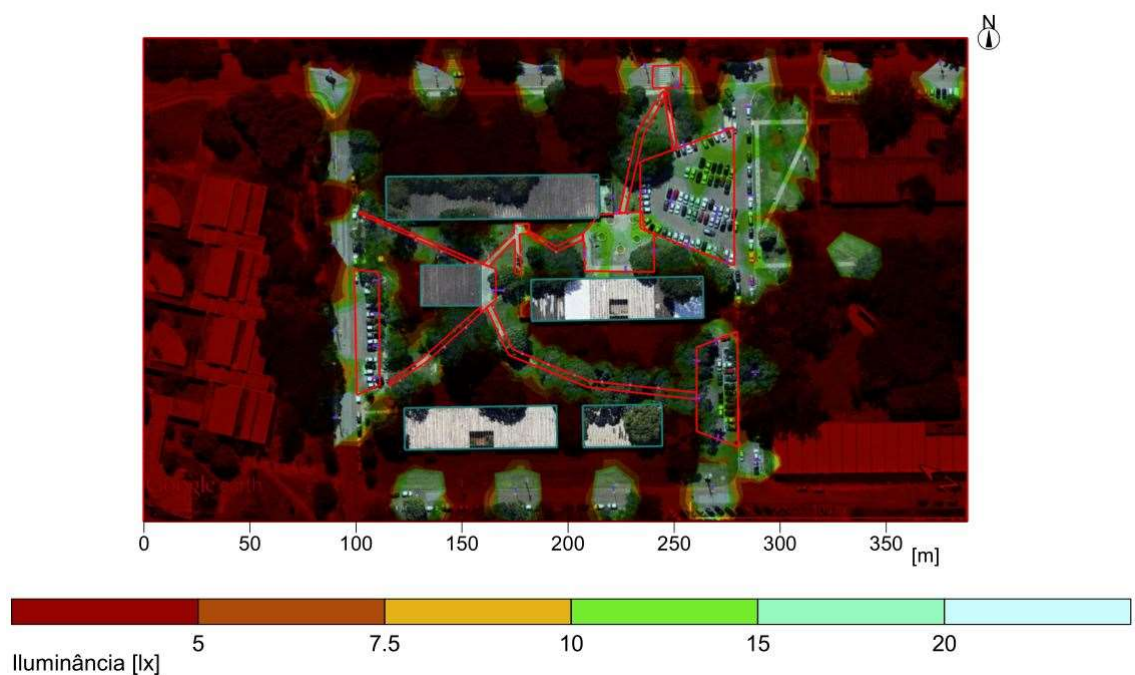


Figura 75 - Instituto de Música - Nova distribuição de iluminação

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento Nordeste	23	0,2	25	0,4
2	Praça	9	0,1	23	0,3
3	Calçada RU	23	0,1	36	0,3
4	Faixa de Pedestre	15	0,1	36	0,2
5	Calçada RU	14	0,3	41	0,4
7	Estacionamento Sudeste	17	0,1	21	0,3
8	Auditório	71	0,1	37	0,4
9	Estacionamento Oeste	5	0,3	28	0,4
10	Calçada Interna	27	0,1	36	0,3
11	Calçada Interna	33	-	39	0,3
12	Calçada Interna	31	0,1	40	0,3
13	Calçada Interna	37	0,2	37	0,1
14	Calçada Interna	14	0,3	55	0,2

Tabela 36 - Instituto de Música - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
Instituto de Música	Original	4	-	-	6	33	-	9.350	0%
	Novo projeto	-	33	-	31	15	-	11.700	25%

Tabela 37 - Instituto de Música - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.37. Instituto de Química

Todas as luminárias deste estacionamento são de 150W, mas algumas estão instaladas sobre postes de 5m, a maioria está sobre postes de 7,5m e existem também aquelas que estão sobre um poste de 11m.

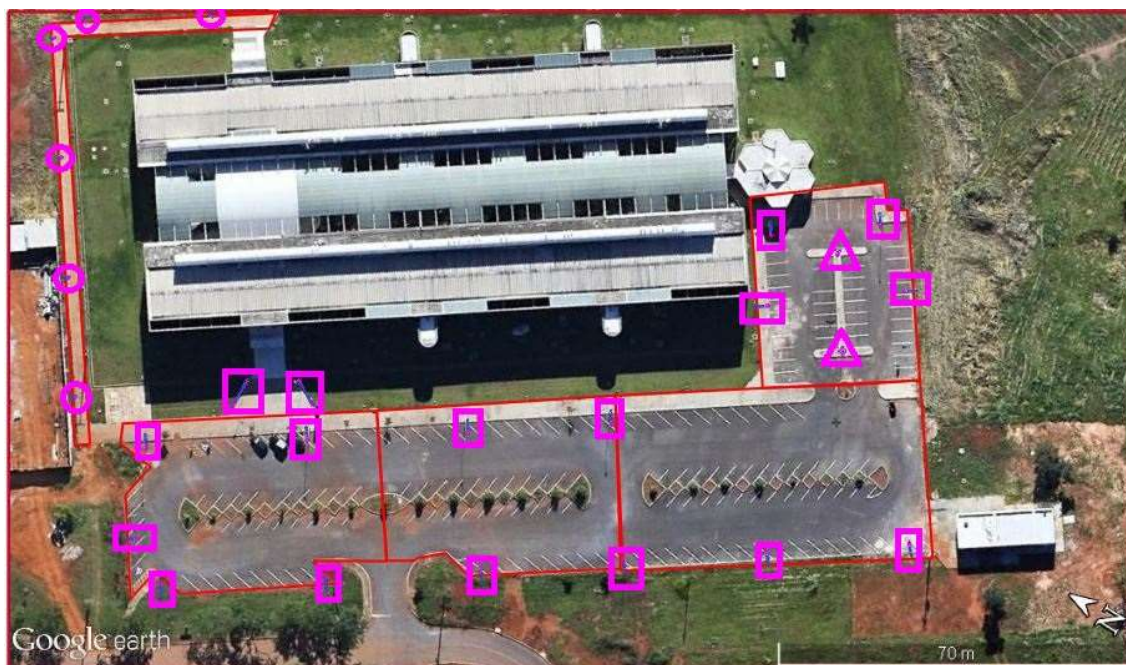


Figura 76 - Instituto de Química - Sistema original

E o resultado está na imagem abaixo.

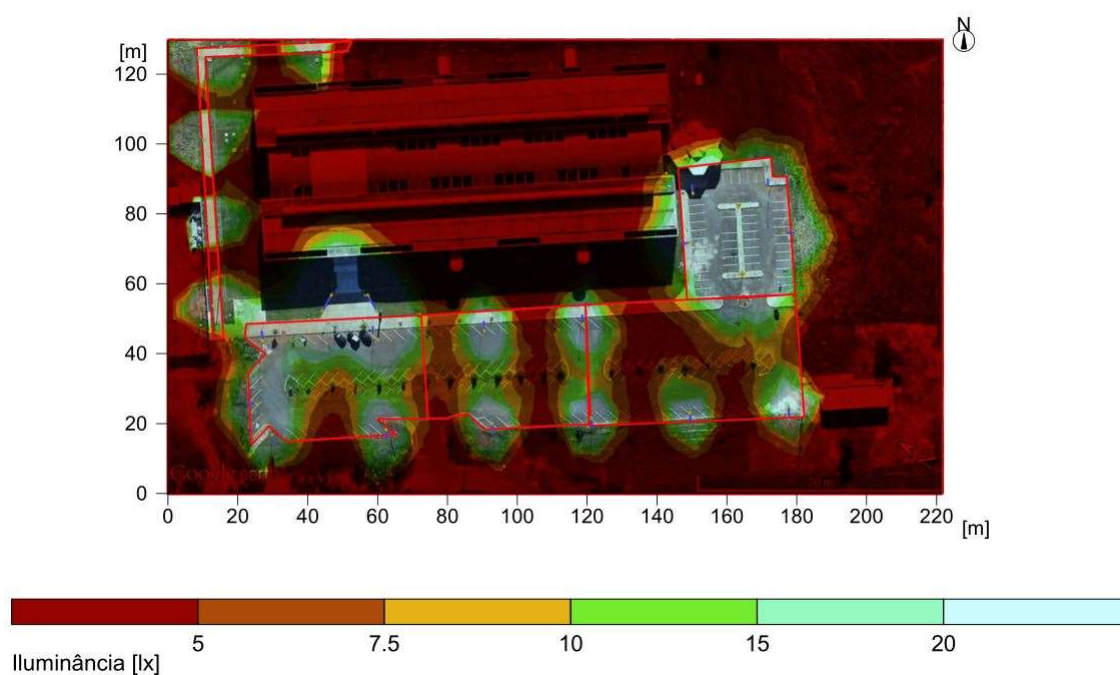


Figura 77 - Instituto de Química - Distribuição de iluminância

É possível ver que, nas áreas que atingem a iluminância mínima, o fator de uniformidade é menor do que o desejável, e as outras falham no critério de iluminância. A modificação feita foi a instalação de novos postes.



Figura 78 - Instituto de Química - Novo projeto

E os resultados estão mostrados abaixo.

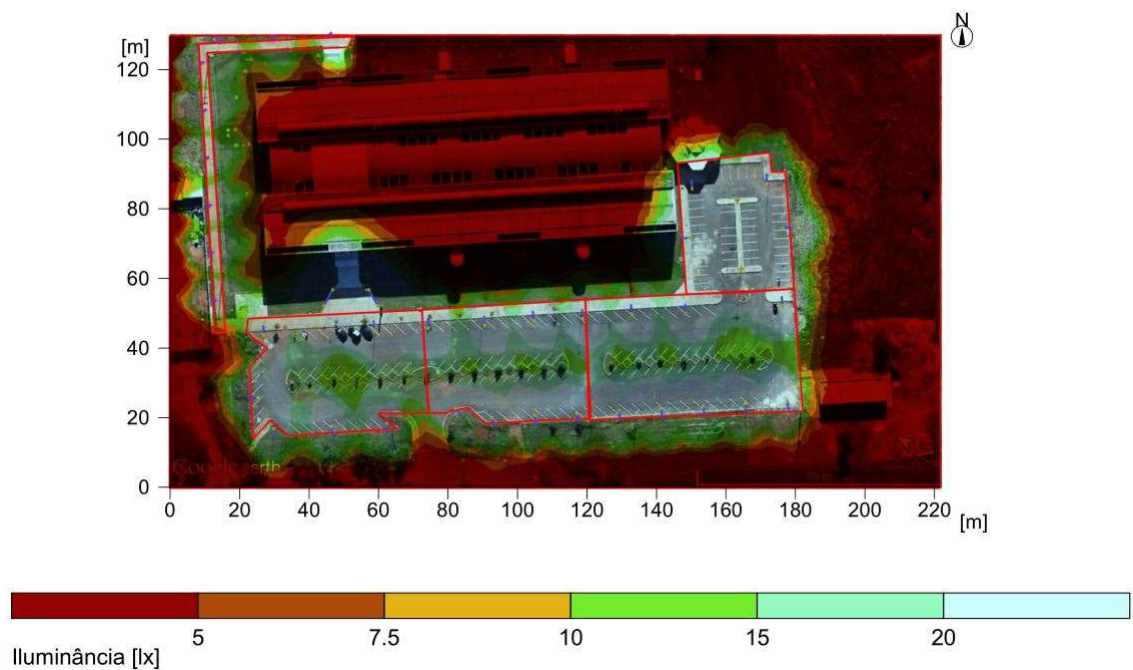


Figura 79 - Instituto de Química - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento - Oeste	22	0,1	27	0,4
2	Estacionamento - Centro	11	0,3	24	0,5
3	Estacionamento - Leste	10	0,3	25	0,4
4	Estacionamento - Nordeste	48	0,2	50	0,3
5	Calçada Acesso IB	36	0,1	50	0,4

Tabela 38 - Instituto de Química - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
IQ	Original	-	-	-	36	-	-	5.400	0%
	Novo projeto	-	9	-	41	-	-	7.050	31%

Tabela 39 - Instituto de Química - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.38. Pavilhões Anísio Teixeira e João Calmon

A maior parte das luminárias são de 250W e estão instaladas sobre postes de 7,5m. A exceção é a iluminação da parada de ônibus, que é iluminada por luminárias de 150W sobre postes de 5m.

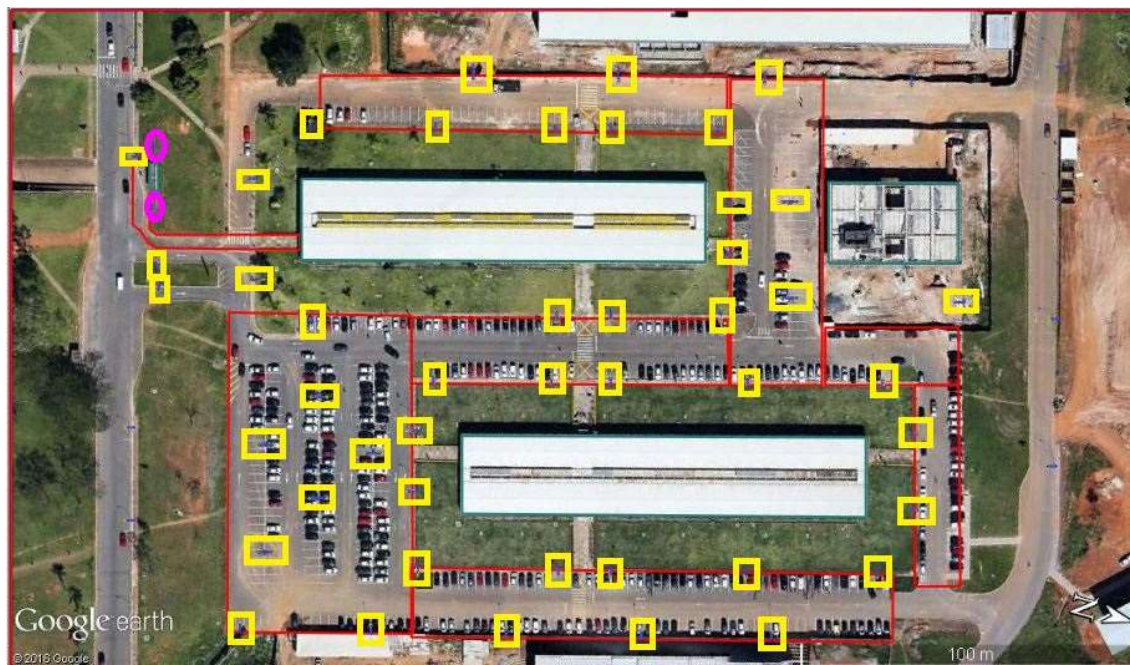


Tabela 40 - Pavilhões - Sistema original

E o resultado está mostrado abaixo.

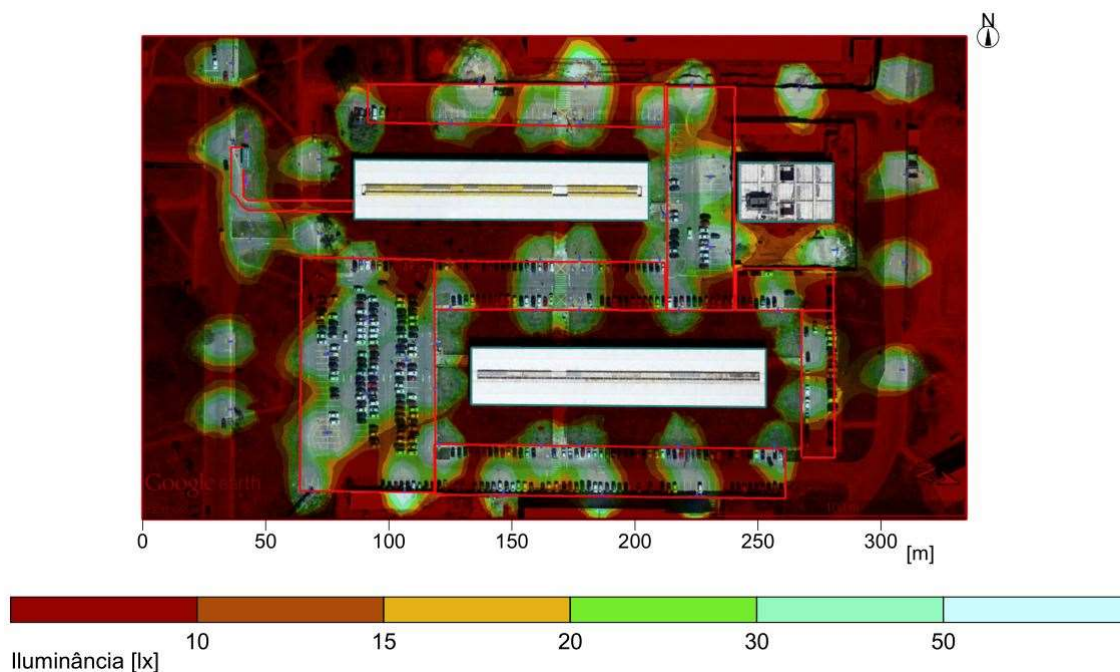


Figura 80 - Pavilhões - Distribuição de iluminância

Pode se ver que existem vários pontos mal iluminados, e para cada um desses, foi recomendado a instalação de novos postes, seguindo as diretrizes básicas desse trabalho.

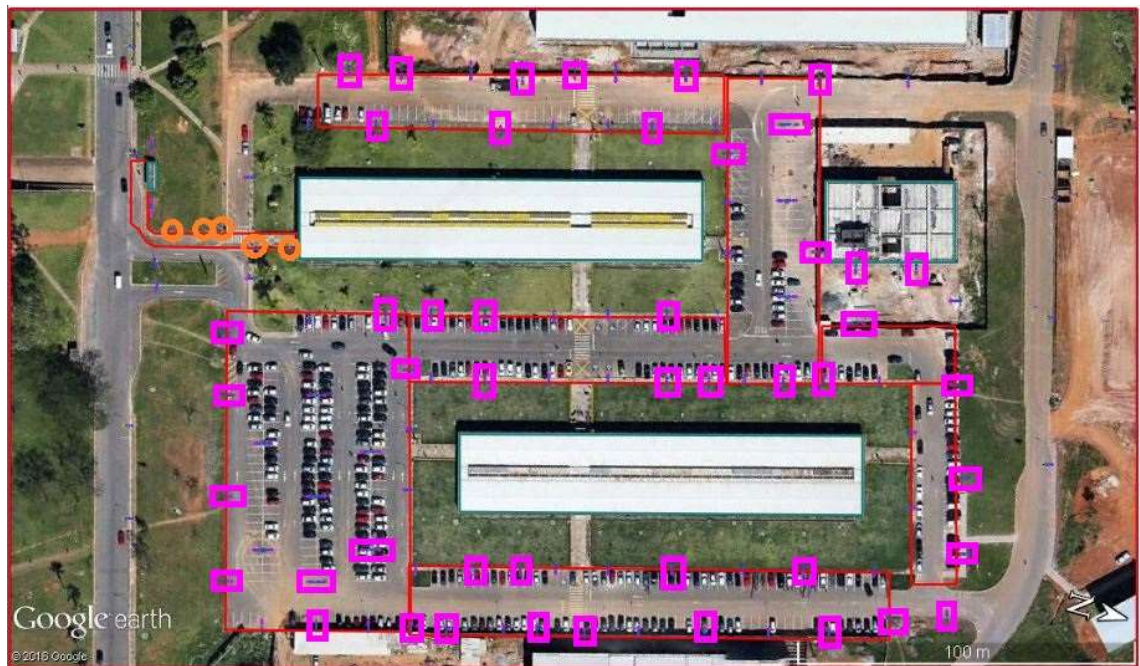


Figura 81 - Pavilhões - Novo projeto

E os resultados estão mostrados abaixo.

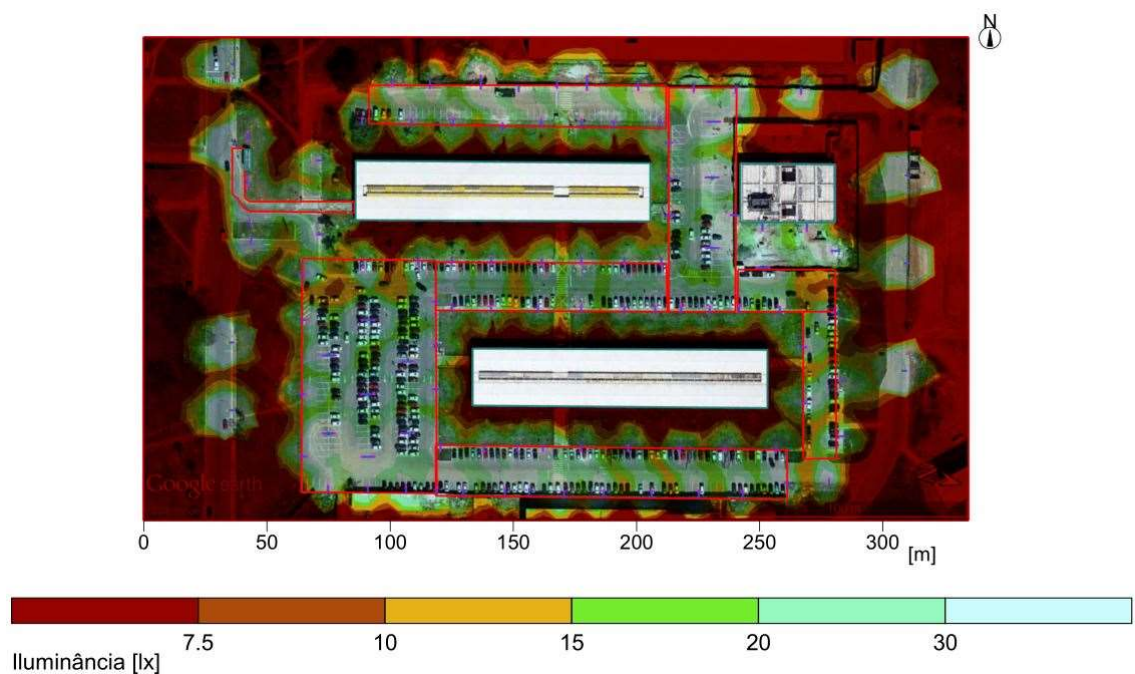


Figura 82 - Pavilhões - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Estacionamento CIC	48	-	31	0,3
2	Calçada Parada de ônibus	40	-	60	0,3
3	Estacionamento entre PAT e PJC	35	0,1	28	0,3
4	Estacionamento entre PAT e MASC	49	-	32	0,3
5	Estacionamento entre PJC e MASC	20	0,1	24	0,3
6	Estacionamento entre PJC e BAES	27	-	22	0,4
7	Estacionamento entre PJC e IPOL	31	0,1	29	0,3
8	Estacionamento entre PAT e FACE	40	0,1	32	0,3

Tabela 41 - Pavilhões - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
PAT e PJC	Original	-	-	-	4	63	-	16.350	0%
	Novo projeto	-	5	-	110	8	-	19.000	16%

Tabela 42 - Pavilhões - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.39. Postinho

As áreas de medição deste local são iluminadas, principalmente, pelas luminárias da via. Além dessas, existem luminárias de 150W focadas na parada de ônibus.

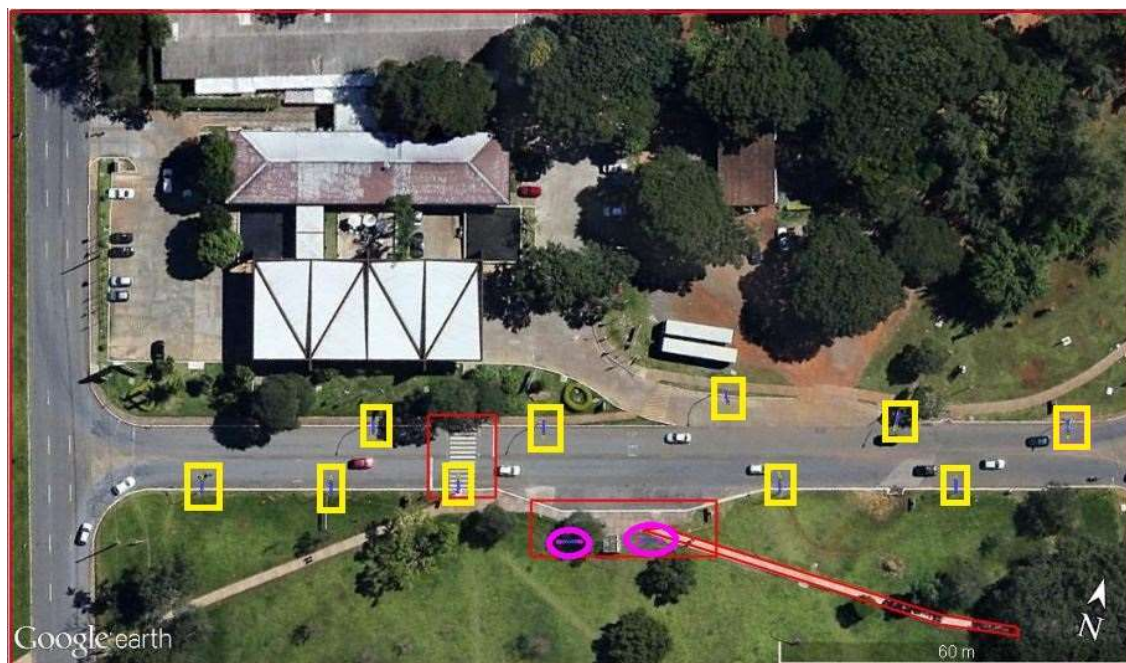


Figura 83 - Postinho - Sistema original

Os resultados estão mostrados abaixo.

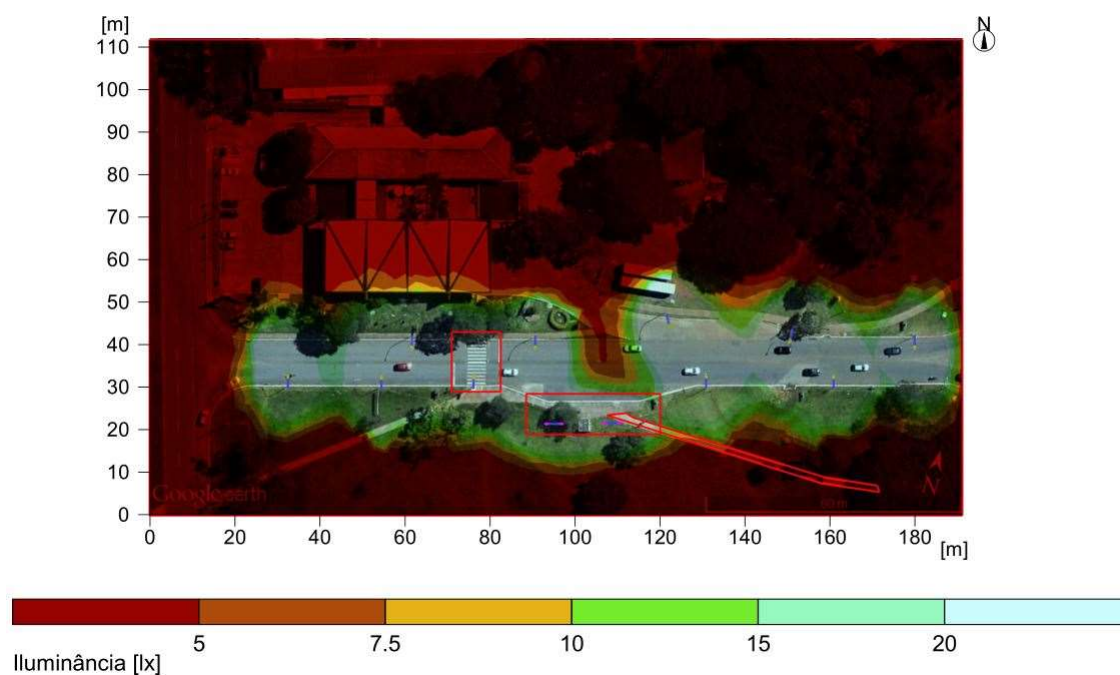


Figura 84 - Postinho - Distribuição de iluminância

É possível ver que a única área de medição que não passa nos critérios estabelecidos é a calçada que dá acesso à parada de ônibus. Por isso, recomenda-se a instalação de luminárias de 100W sobre postes de 5m de altura.

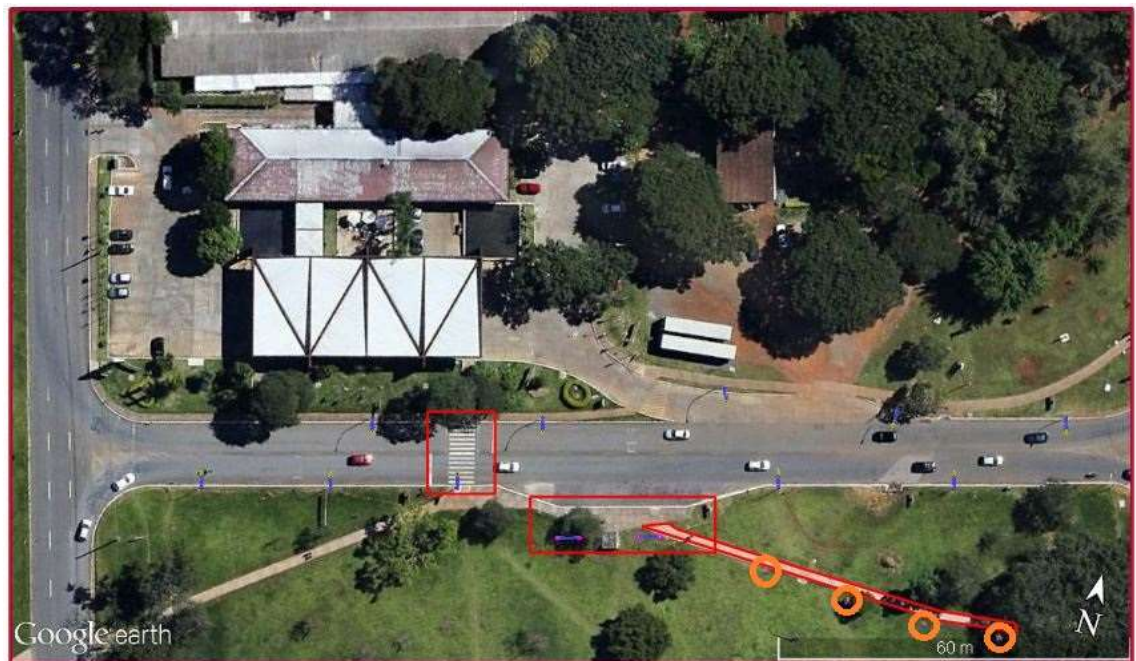


Figura 85 - Postinho - Novo projeto

E os resultados estão mostrados abaixo.

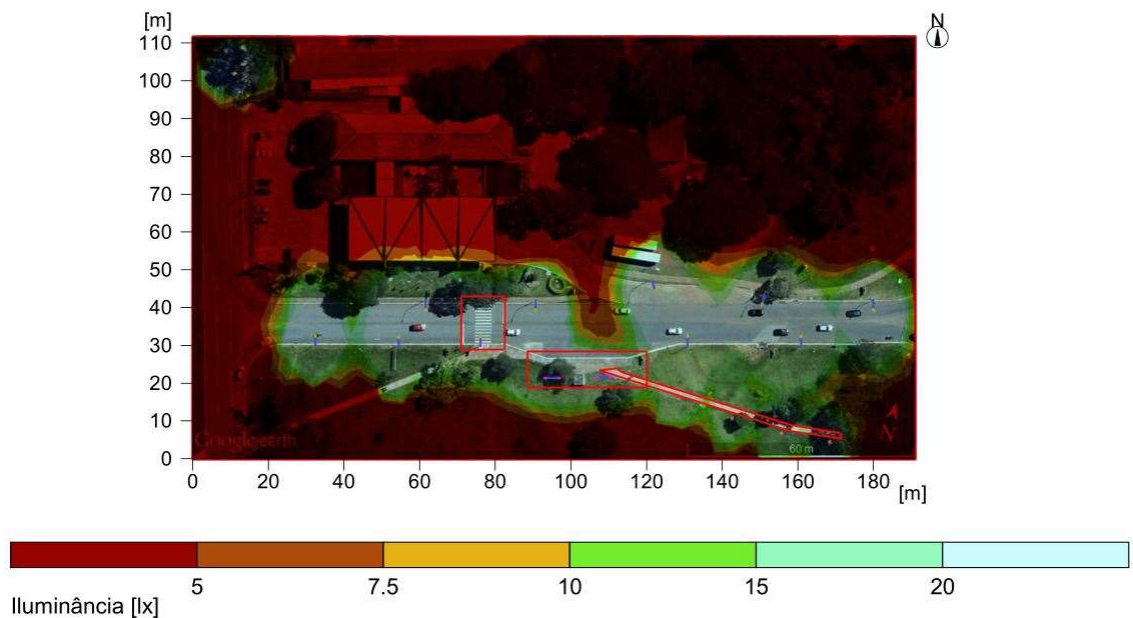


Figura 86 - Postinho - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Faixa de Pedestre	59	0,3	59	0,3
2	Parada de ônibus	79	0,1	79	0,1
3	Calçada	28	-	51	0,3

Tabela 43 - Postinho - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
Postinho	Original	-	-	-	4	10	-	3.100	0%
	Novo projeto	-	4	-	5	10	-	3.650	18%

Tabela 44 - Postinho - Comparação do número de luminárias e potência instalada

1.40. Restaurante Universitário

O sistema de iluminação do RU é composto de 3 postes de 13m de altura com luminárias de 250W, 4 postes duplos com luminárias de 150W e alguns postes do tipo globo.

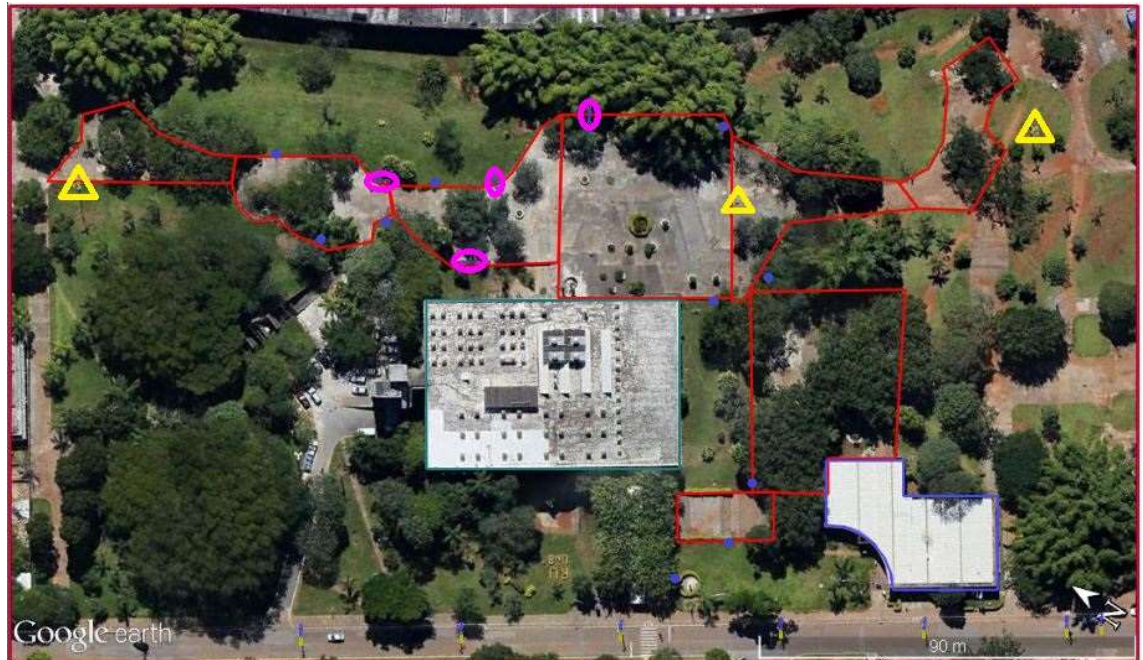


Figura 87 - RU - Sistema original

Os resultados estão mostrados na próxima imagem.

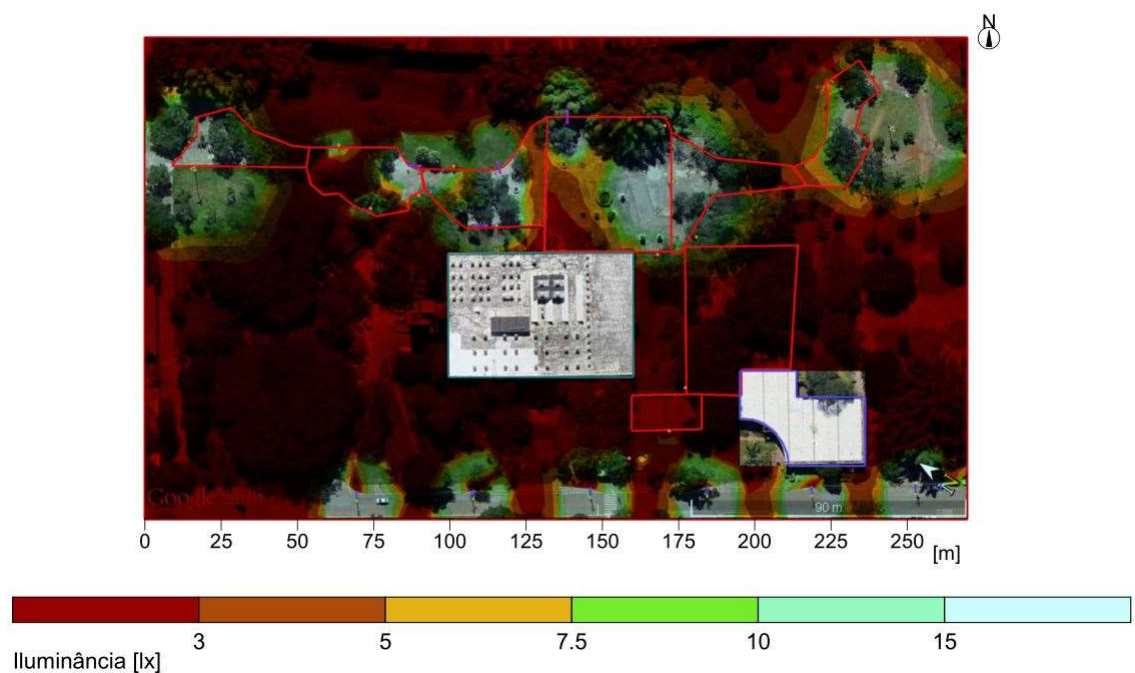


Figura 88 - RU - Distribuição de iluminância

É possível ver que os níveis de iluminância média estão, em geral, abaixo dos níveis desejados. Para solucionar este problema, os postes duplos foram substituídos por postes simples de 7,5m e outros postes foram adicionados. Essa escolha foi feita por algumas luminárias estavam direcionadas para o gramado, que não é utilizado e isso representava um desperdício de energia. Também foi sugerida a instalação de refletores nas fachadas do RU e do prédio que abriga o Banco do Brasil.

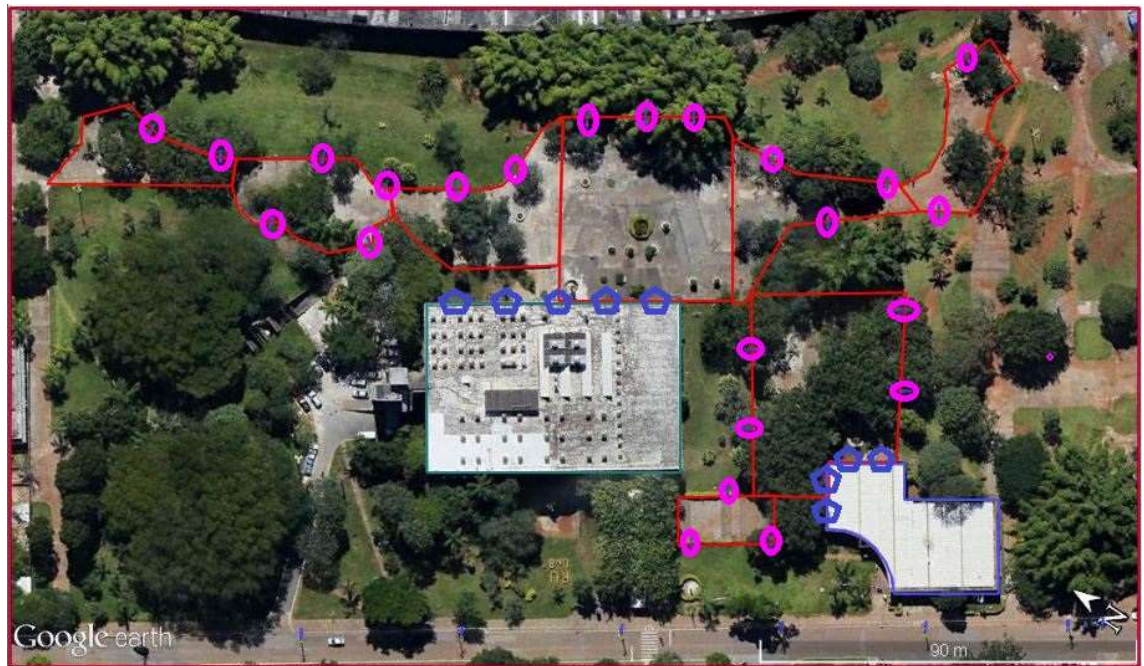


Figura 89 - RU - Novo projeto

Os resultados estão mostrados abaixo.

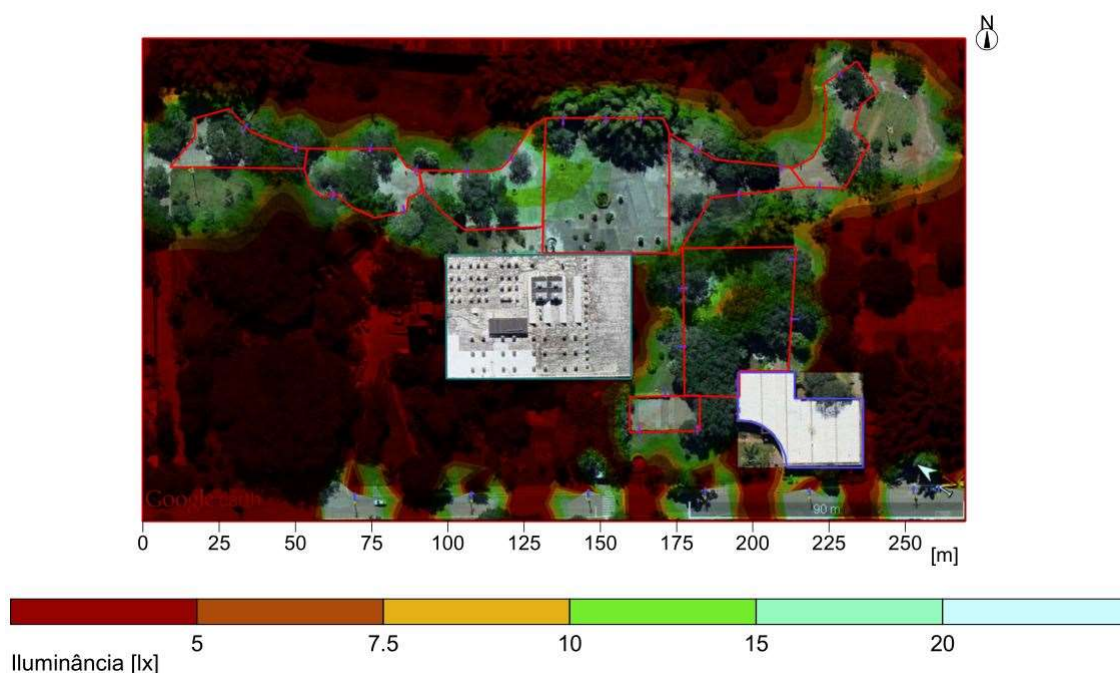


Figura 90 - RU - Nova distribuição de iluminância

Área de medição	Descrição	Sistema Original		Novo Projeto	
		Em (lx)	Uo	Em (lx)	Uo
1	Acesso Ceubinho	24	-	35	0,3
2	Praça Oeste	12	0,1	25	0,3
3	Praça	22	0,1	20	0,4
4	Praça Principal	19	0,1	29	0,4
5	Praça Leste	32	0,1	48	0,3
6	Praça IdA	3	-	33	0,4
7	Praça BB	2	0,1	25	0,3
8	Acesso Udfinho	13	0,2	26	0,4

Tabela 45 - RU - Comparação de iluminâncias

Local	Potência da Luminária (W)	Número de Luminárias						Potência Total (W)	Aumento da potência em relação ao sistema Original
		50	100	125	150	250	400		
RU	Original	10	-	-	8	16	-	5.700	0%
	Novo projeto	-	9	-	23	16	-	8.350	46%

Tabela 46 - RU - Comparação do número de luminárias e potência instalada

2. DADOS DAS LUMINÁRIAS

SPP202 GB 1xSON-TPP100W SGR OR Outdoor - Road Luminaires Aurora SPP202

SPP202 Aurora

The Philips Aurora range of street light luminaires brings a new quality of light to residential areas, cycle paths, local roads and industrial estates.

Aurora unites superior optics, a weather-proof housing and easy maintenance.

Moreover, its sleek shape combining a variety of attractive pole designs and compact size make a significant contribution to a pleasant and more comfortable environment while being cost efficient

Dados de luminária

Grau de rendimento	: 76%
Eficácia luminosa das luminárias	: 81.03 lm/W
Classificação	: A30 ↓99.9% ↑0.1%
CIE Flux Codes	: 39 70 94 100 76
UGR 4H 8H	: 33.7 / 25.0
Potência	: 100 W
Fluxo luminoso	: 6102.8 lm

Equipado com

Quantidade	: 1
Designação	: SON-TPP
Potência	: 100 W
Cor	: RGB 1,00 0,26 0,00
Fluxo luminoso	: 8030 lm
Restituição cromática	: 20

Medidas : 260 mm x 605 mm x 180 mm

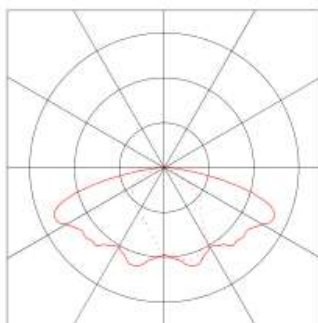


Figura 91 - Luminária Aurora com Lâmpada de 100W

SPP202 GB 1xSON-TPP150W SGR OR Outdoor - Road Luminaires Aurora SPP202

SPP202 Aurora

The Philips Aurora range of street light luminaires brings a new quality of light to residential areas, cycle paths, local roads and industrial estates.

Aurora unites superior optics, a weather-proof housing and easy maintenance.

Moreover, its sleek shape combining a variety of attractive pole designs and compact size make a significant contribution to a pleasant and more comfortable environment while being cost efficient

Dados de luminária

Grau de rendimento	: 76%
Eficácia luminosa das luminárias	: 86.53 lm/W
Classificação	: A30 ↓99.8% ↑0.2%
CIE Flux Codes	: 39 71 95 100 76
UGR 4H 8H	: 35.3 / 26.1
Potência	: 150 W
Fluxo luminoso	: 9978.8 lm

Equipado com

Quantidade	: 1
Designação	: SON-TPP
Potência	: 150 W
Cor	: RGB 1,00 0,26 0,00
Fluxo luminoso	: 13130 lm
Restituição cromática	: 20

Medidas : 260 mm x 605 mm x 180 mm

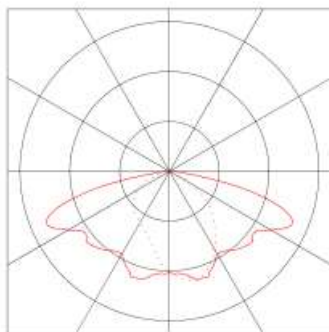


Figura 92 - Luminária Aurora com Lâmpada de 150W

SPP202 GB 1xSON-TPP250W SGR OR Outdoor - Road Luminaires Aurora SPP202**SPP202 Aurora**

The Philips Aurora range of street light luminaires brings a new quality of light to residential areas, cycle paths, local roads and industrial estates. Aurora unites superior optics, a weather-proof housing and easy maintenance. Moreover, its sleek shape combining a variety of attractive pole designs and compact size make a significant contribution to a pleasant and more comfortable environment while being cost efficient

Dados de luminária

Grau de rendimento	: 77%
Eficácia luminosa das luminárias	: 102.56 lm/W
Classificação	: A30 ↓99.8% ↑0.2%
CIE Flux Codes	: 41 73 96 100 77
UGR 4H 8H	: 37.3 / 29.7
Potência	: 250 W
Fluxo luminoso	: 25641 lm

Equipado com

Quantidade	: 1
Designação	: SON-TPP
Potência	: 250 W
Cor	: 2000
Fluxo luminoso	: 33300 lm
Restituição cromática	: 20

Medidas : 260 mm x 605 mm x 180 mm

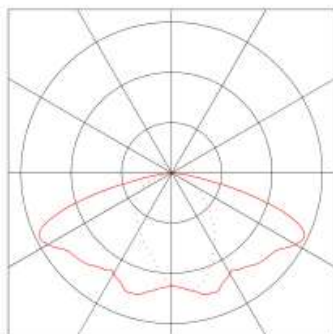


Figura 93 - Luminária Aurora com Lâmpada de 250W

SGP340 FG 1xSON-TPP400W TP P1 Outdoor - Road Luminaires Selenium**Selenium – timeless design**

Selenium SGP340 is an efficient, ergonomic road-lighting luminaire. Its simple, rounded form reduces its daytime visual impact, allowing it to integrate into any kind of environment. Selenium incorporates the renowned T-POT reflector for excellent optical performance. Energy savings are possible by means of dimming with a switch or stand-alone Chronosense system (without pilot cable).

Dados de luminária

Grau de rendimento	: 72%
Eficácia luminosa das luminárias	: 101.7 lm/W
Classificação	: A30 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 39 76 99 100 72
UGR 4H 8H	: 37.2 / 28.3
Potência	: 400 W
Fluxo luminoso	: 40680 lm

Equipado com

Quantidade	: 1
Designação	: SON-TPP
Potência	: 400 W
Cor	: 2000K
Fluxo luminoso	: 56500 lm
Restituição cromática	: 20

Medidas : 321 mm x 749 mm x 207 mm

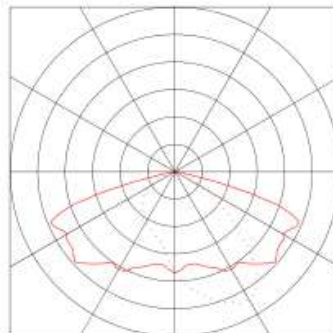


Figura 94 - Luminária Selenium com Lâmpada de 400W

SGS203 1xHPL-N125W PC P1 Outdoor - Road Luminaires SGS203/403
SGS203/403 – precision lighting

SGS203/403 is a modular luminaire in contemporary style for safe and comfortable driving, and for area illumination, with low energy and maintenance costs. It offers a choice of canopies and a bowl or minimal-glare flat glass. Dedicated optics optimize beam control and maximize light output. Five different reflector positions allow precise control of beam direction. Energy savings are possible, for instance with the Chronosense dimming system (no pilot cable required).

Dados de luminária

Grau de rendimento	: 74%
Eficácia luminosa das luminárias	: 86.7 lm/W
Classificação	: A30 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 35 72 95 100 74
UGR 4H 8H	: 26.6 / 21.0
Potência	: 125 W
Fluxo luminoso	: 4588 lm

Equipado com

Quantidade	: 1
Designação	: QE
Potência	: 125 W
Cor	: 2000K
Fluxo luminoso	: 6200 lm
Restituição cromática	: 50

Medidas : 315 mm x 610 mm x 250 mm

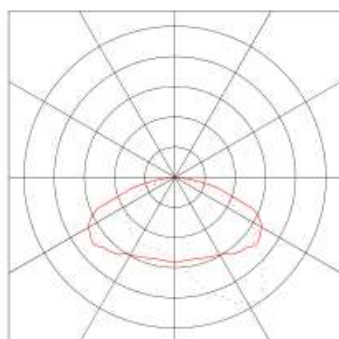


Figura 95 - Luminária SGS203 com Lâmpada de 125W

HNF901 C 1xSON-T250W NB Outdoor - Sports Lighting Luminaires HNF901 C
HNF901

A versatile floodlight suitable for small to medium scale floodlighting for sports or similar areas. It offers good colour rendering with HPI-T metal halide lamps, or economical operation with SON-T high pressure sodium lamps. Robust and simple construction designed for easy aiming, quick maintenance and long service life

Dados de luminária

Grau de rendimento	: 76%
Eficácia luminosa das luminárias	: 85.12 lm/W
Classificação	: A60 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 79 98 100 100 76
UGR 4H 8H	: 24.5 / 21.7
Potência	: 250 W
Fluxo luminoso	: 21280 lm

Equipado com

Quantidade	: 1
Designação	: SON-T
Potência	: 250 W
Cor	: RGB 1,00 0,26 0,00
Fluxo luminoso	: 28000 lm
Restituição cromática	: 20

Medidas : 348 mm x 495 mm x 197 mm

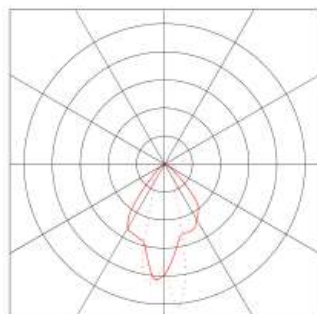


Figura 96 - Luminária HNF901 com Lâmpada de 250W

CDS570 1xHPL-C50W DF TO Outdoor - Pedestrian Area Luminaires Metronomis Berlin
Metronomis – bespoke solutions

Metronomis is a family of ten highly distinctive luminaires and dedicated supports (masts and brackets), which can be used with a wide variety of optics to provide architects and lighting designers with the total solution needed to create a unified, consistent lighting design that still reflects the differences in urban culture and history. In its daytime appearance, Metronomis integrates harmoniously with any street scene, while its night-time appearance is both functional – guiding people and traffic safely through the city – and decorative, creating a pleasant ambience in city squares and pedestrian precincts. As the current range is based on conventional light sources, four highly innovative, LED-dedicated designs have been developed, echoing the original silhouette but retaining flexibility and modularity as key characteristics. The Metronomis LED range offers a number of new ways to personalize your urban projects. Please check out the Metronomis LED luminaire variants

Dados de luminária

Grau de rendimento	: 66%
Eficácia luminosa das luminárias	: 83.76 lm/W
Classificação	: C11 ↓ 58.1% ↑ 41.9%
CIE Flux Codes	: 16 42 71 58 66
UGR 4H 8H	: 13.8 / 13.8
Potência	: 50 W
Fluxo luminoso	: 1188 lm

Equipado com

Quantidade	: 1
Designação	: QE
Potência	: 50 W
Cor	: 3500K
Fluxo luminoso	: 1800 lm
Restituição cromática	: 50

Medidas : Ø560 mm x 795 mm

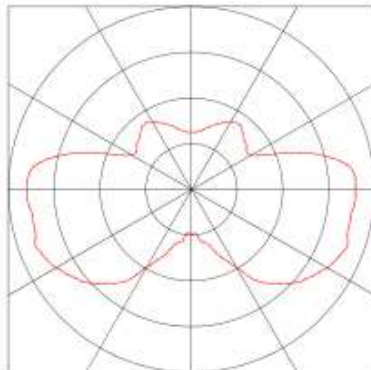


Figura 97 - Luminária Metronomis com Lâmpada de 50W

3. DADOS DOS POSTES

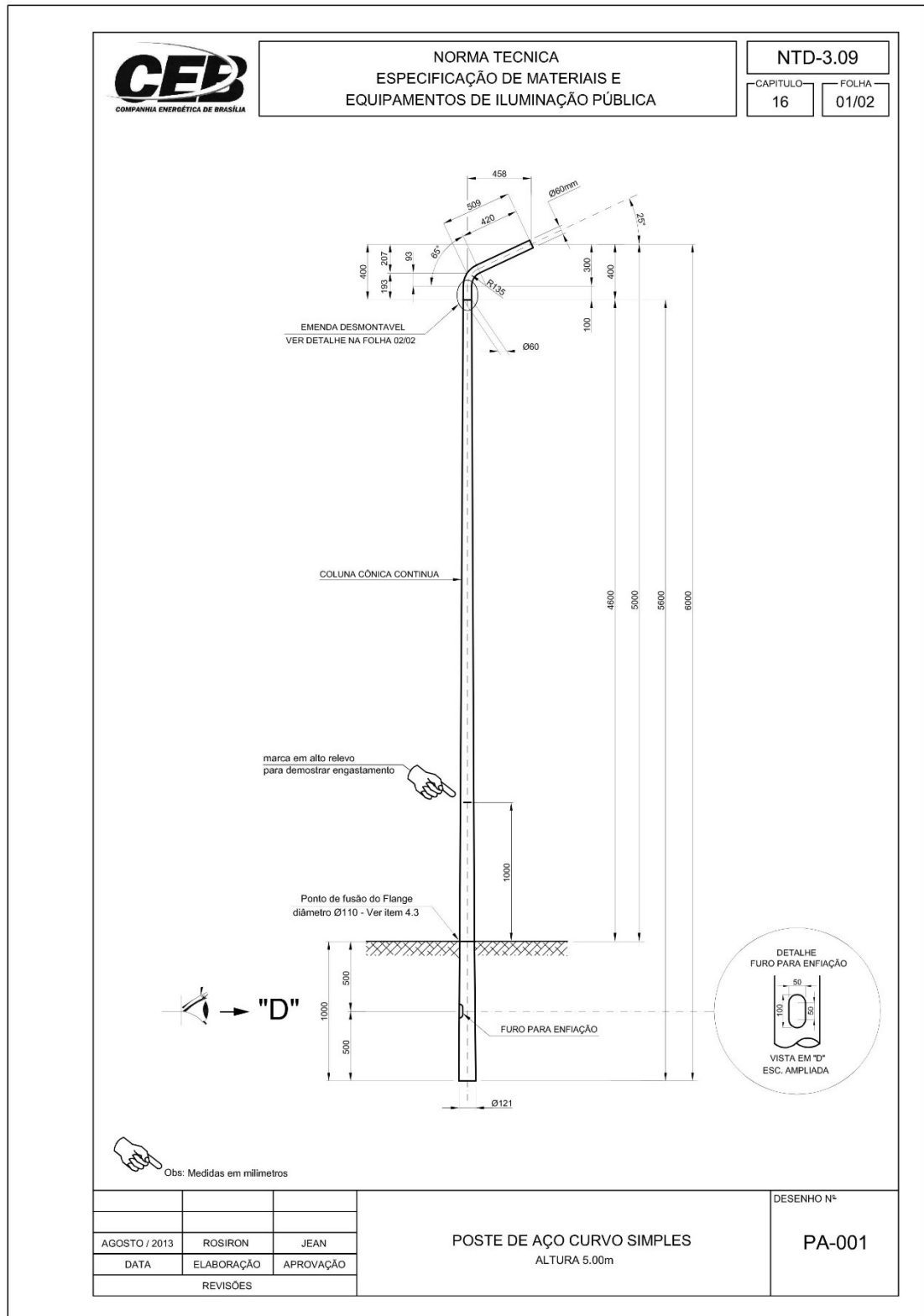


Figura 98 - Poste PA-001

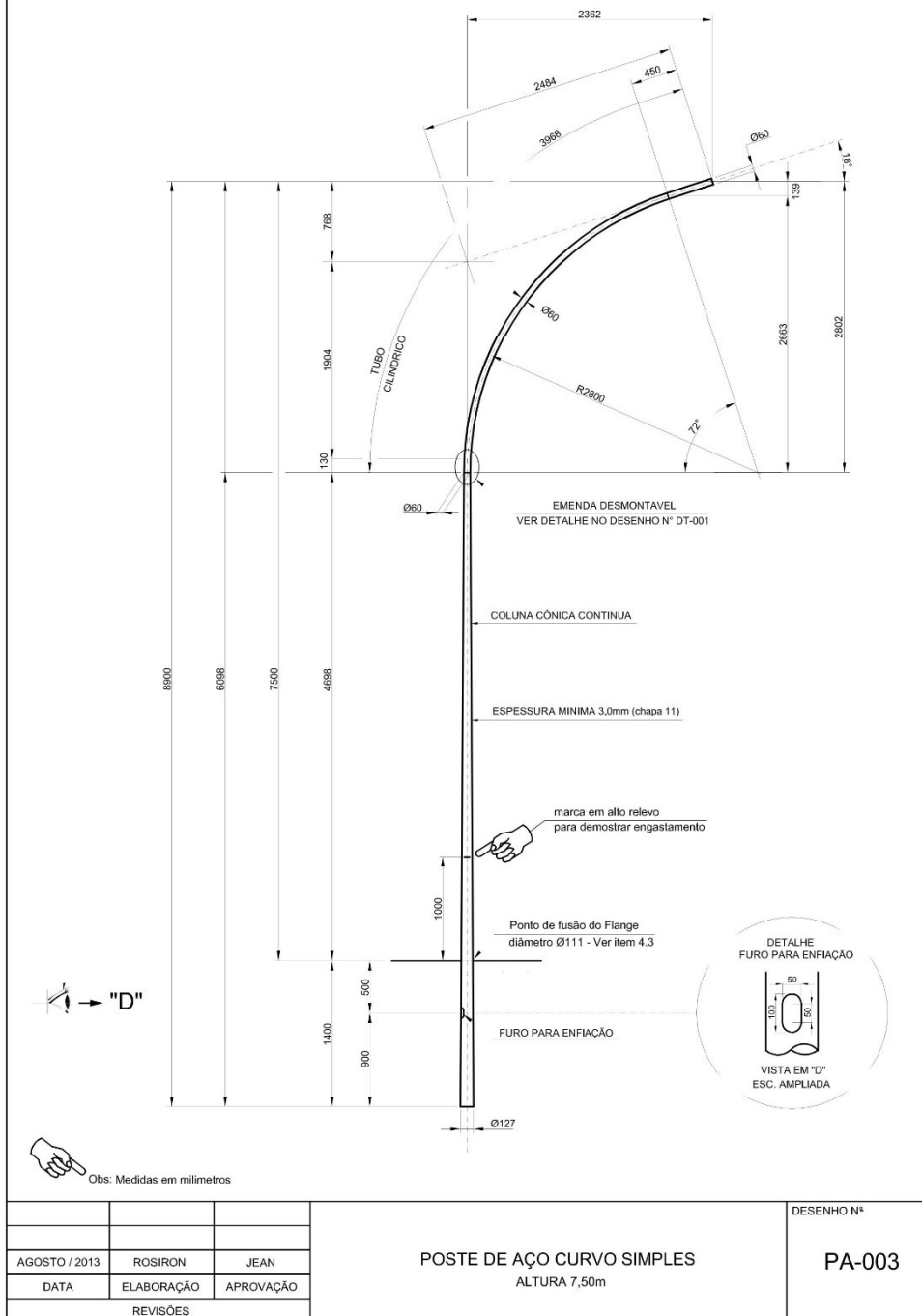


Figura 99 - Poste PA-003

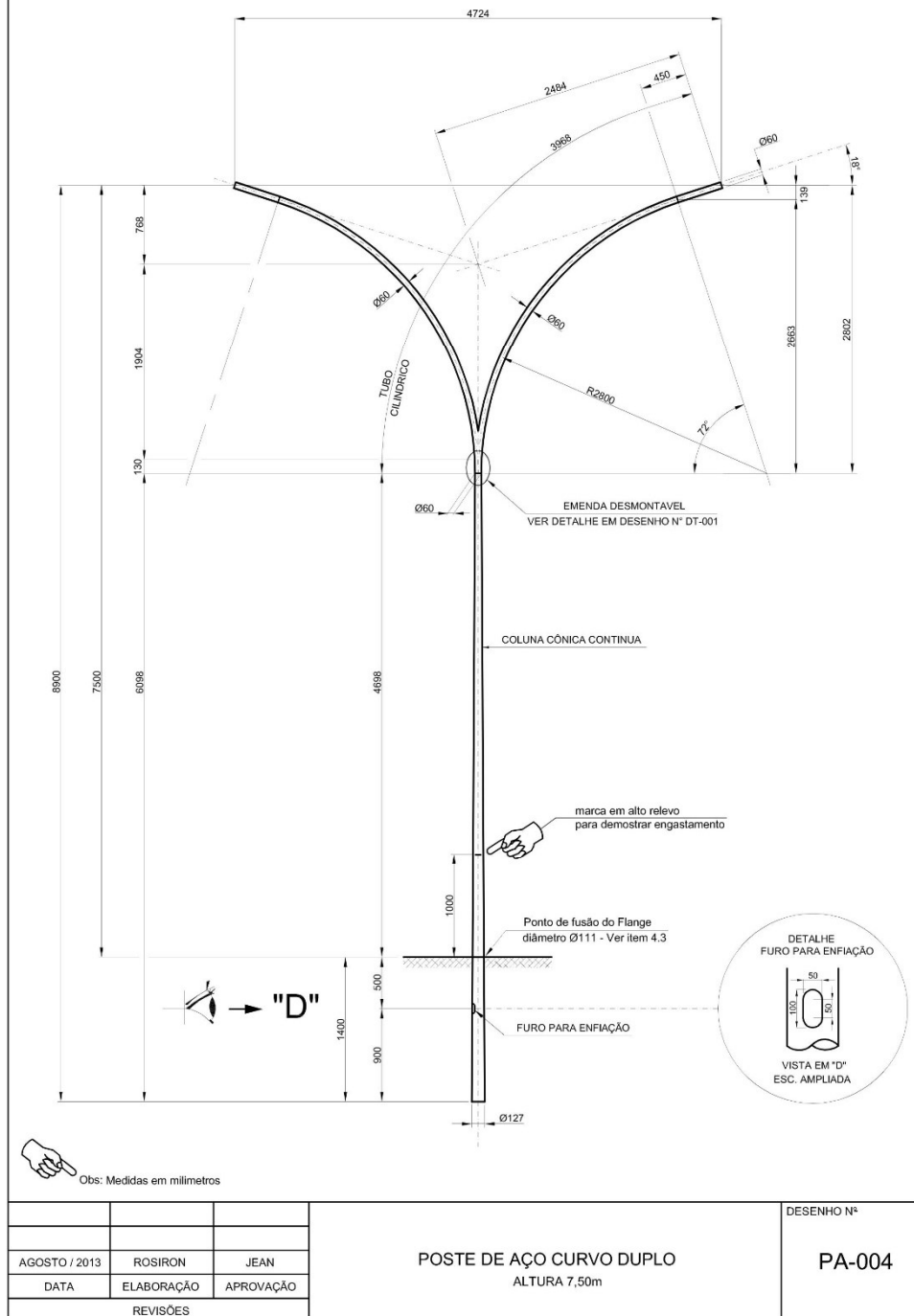


Figura 100 - Poste PA-004

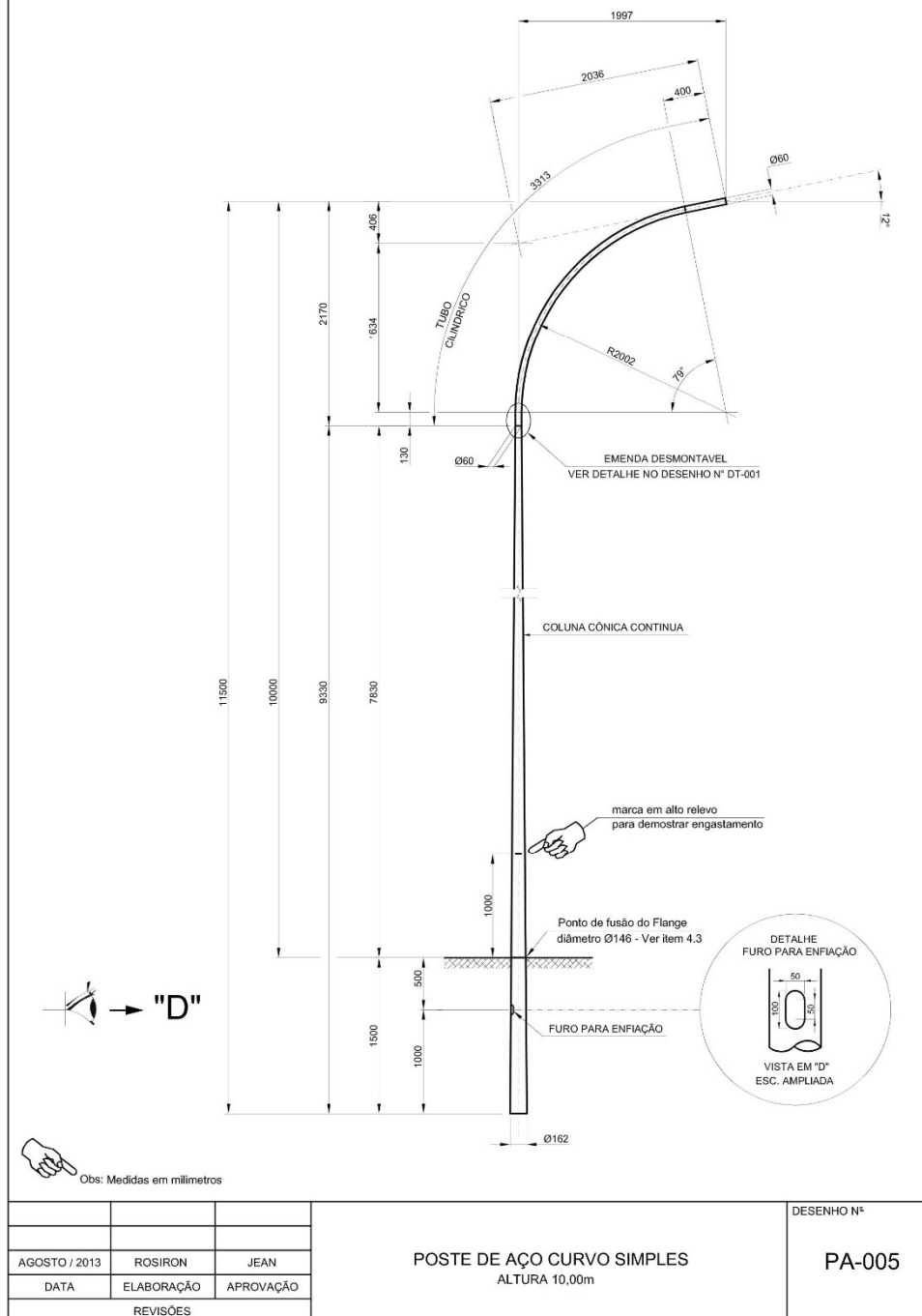


Figura 101 - Poste PA-005

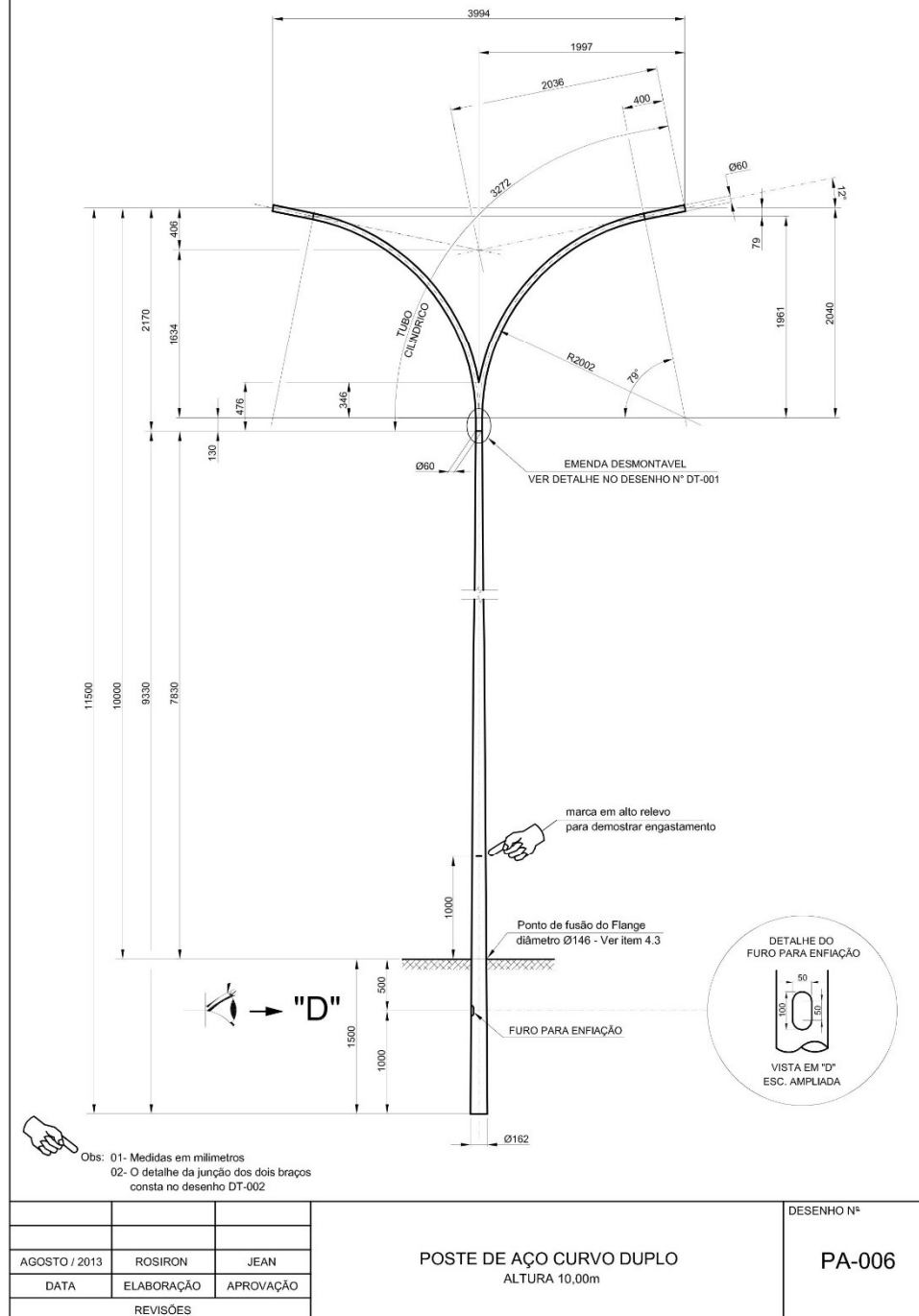
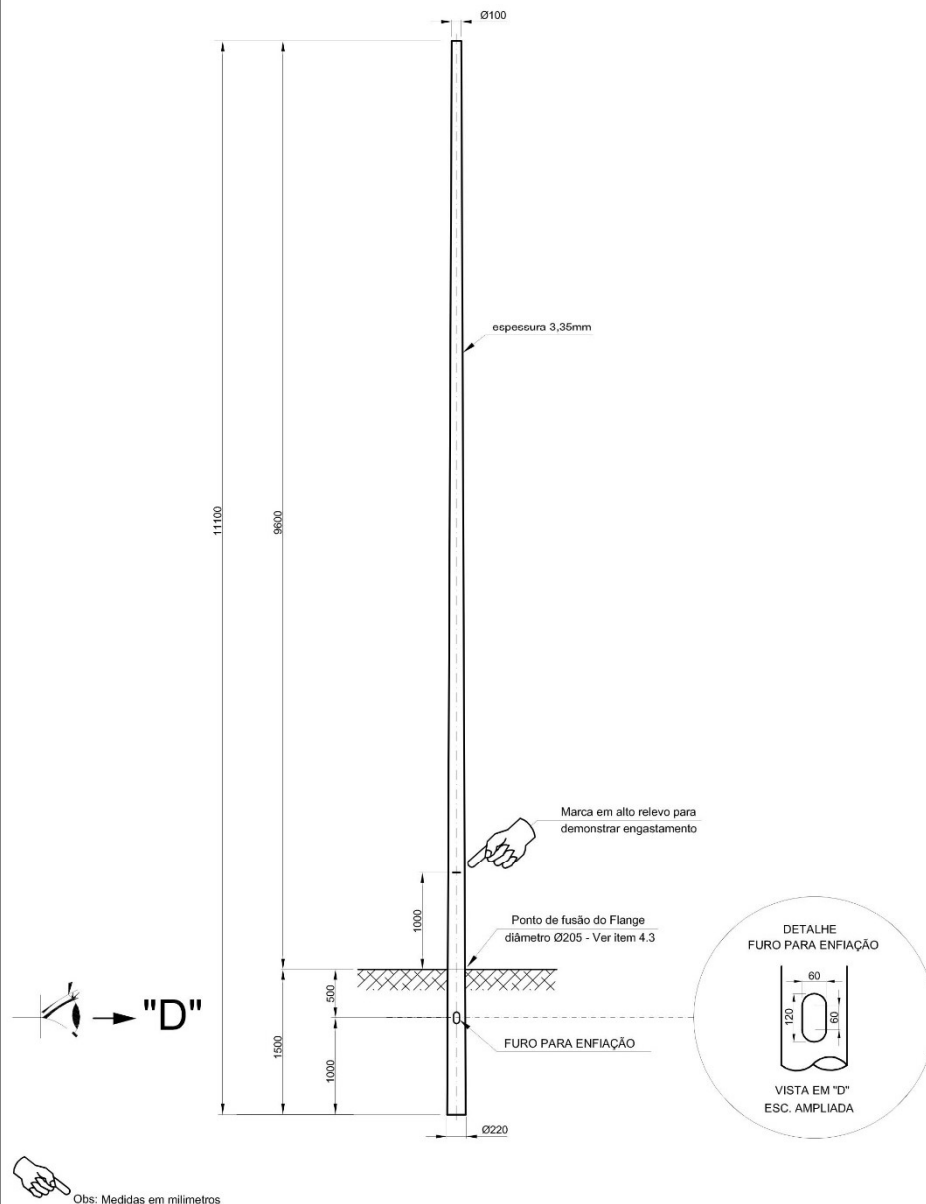
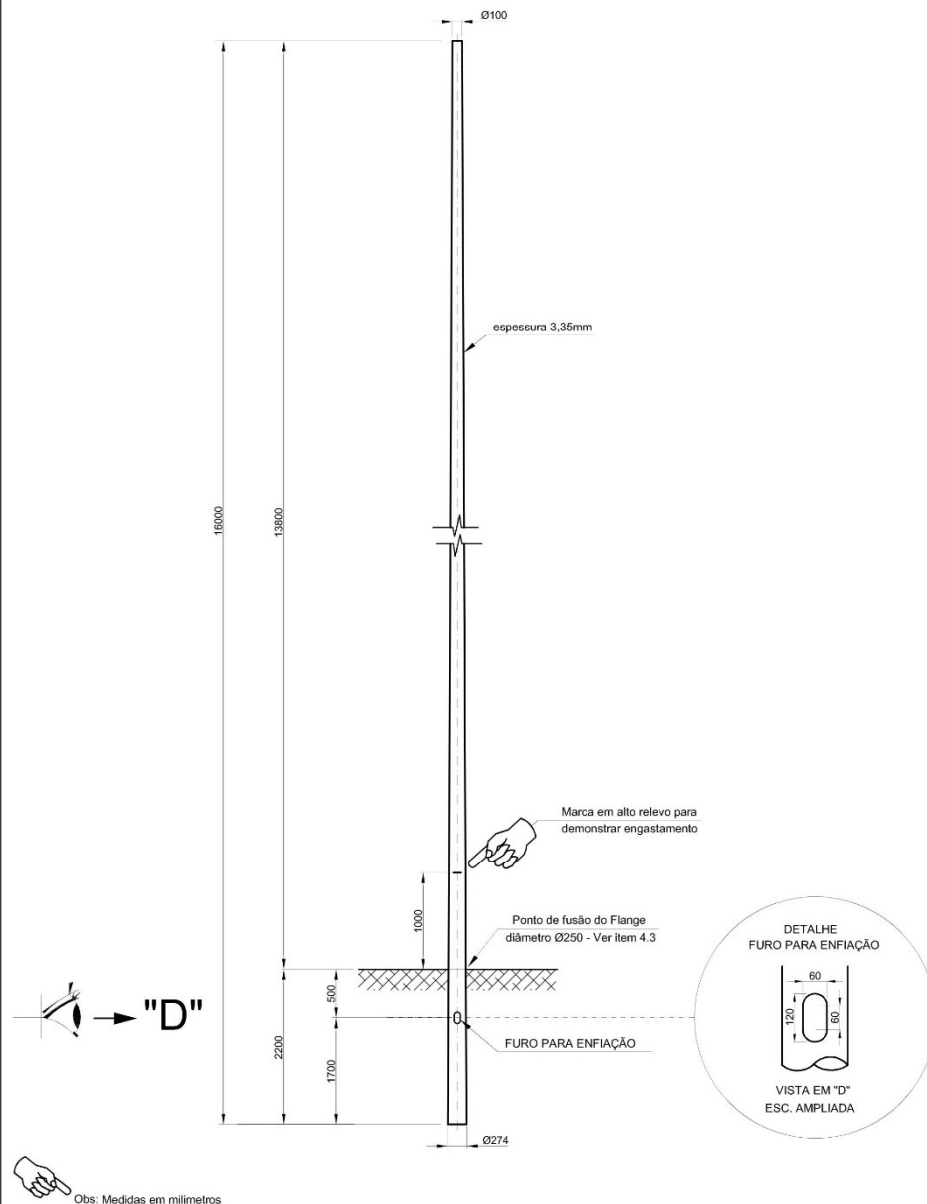


Figura 102 - Poste PA-006



			<div>POSTE DE AÇO RETO ENGASTADO</div> <div>ALTURA 9,60m</div>	DESENHO Nº
				<div>PA-009</div>
AGOSTO / 2013	ROSIRON	JEAN		
DATA	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO		
REVISÕES				

Figura 103 - Poste PA-009



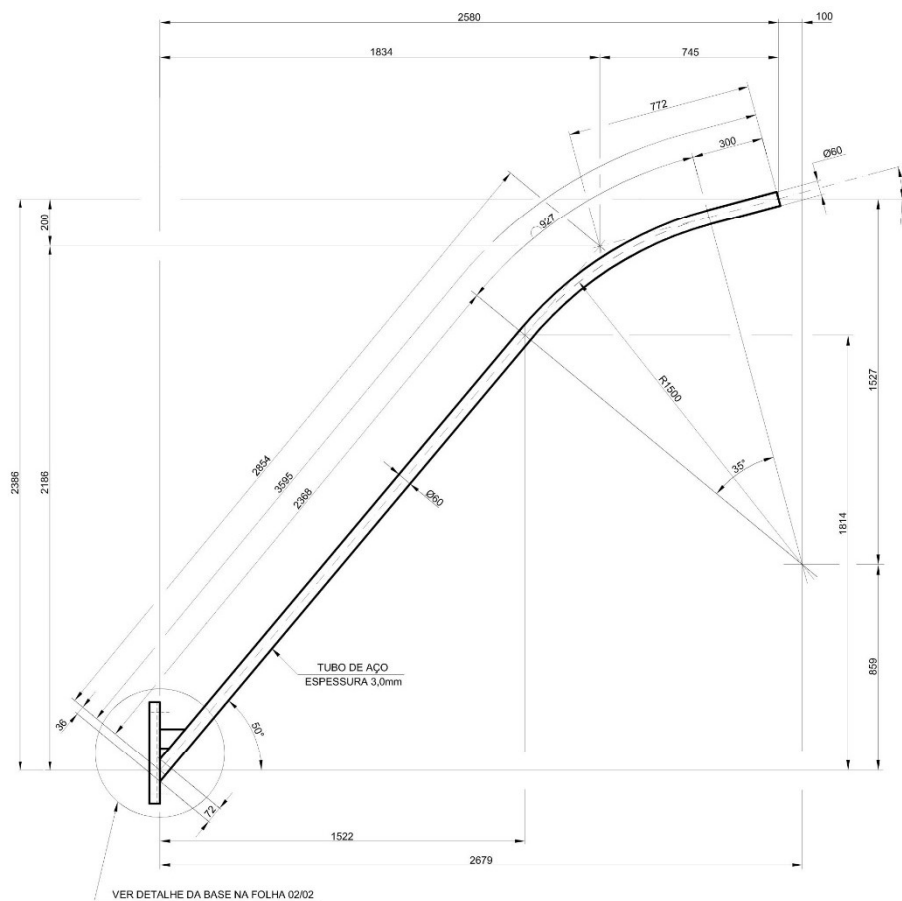
AGOSTO / 2013	ROSIRON	JEAN
DATA	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
REVISÕES		

POSTE DE AÇO RETO ENGASTADO
ALTURA 13,80m

DESENHO Nº

PA-011

Figura 104 - Poste PA-011



Obs: Medidas em milímetros

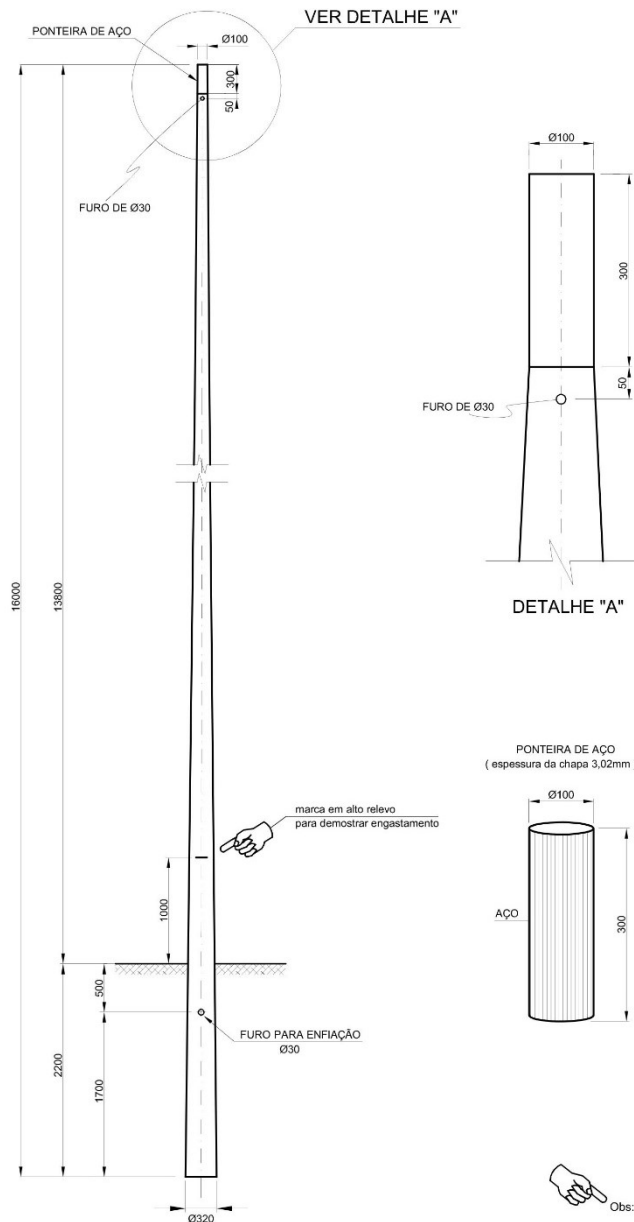
AGOSTO / 2013	ROSIRON	JEAN
DATA	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
REVISÕES		

BRAÇO LONGO DE LUMINARIA
PARA REDE AÉREA

DESENHO Nº

BR-001

Figura 105 - Braço BR-001



Obs: Medidas em milímetros

AGOSTO / 2013	ROSIRON	JEAN
DATA	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
REVISÕES		

POSTE DE CONCRETO CIRCULAR
COMPRIMENTO 16/200daN COM PONTEIRA DE AÇO

DESENHO N°
PC-002

Figura 106 - Poste PC-002

Poste UnB de 5m de altura

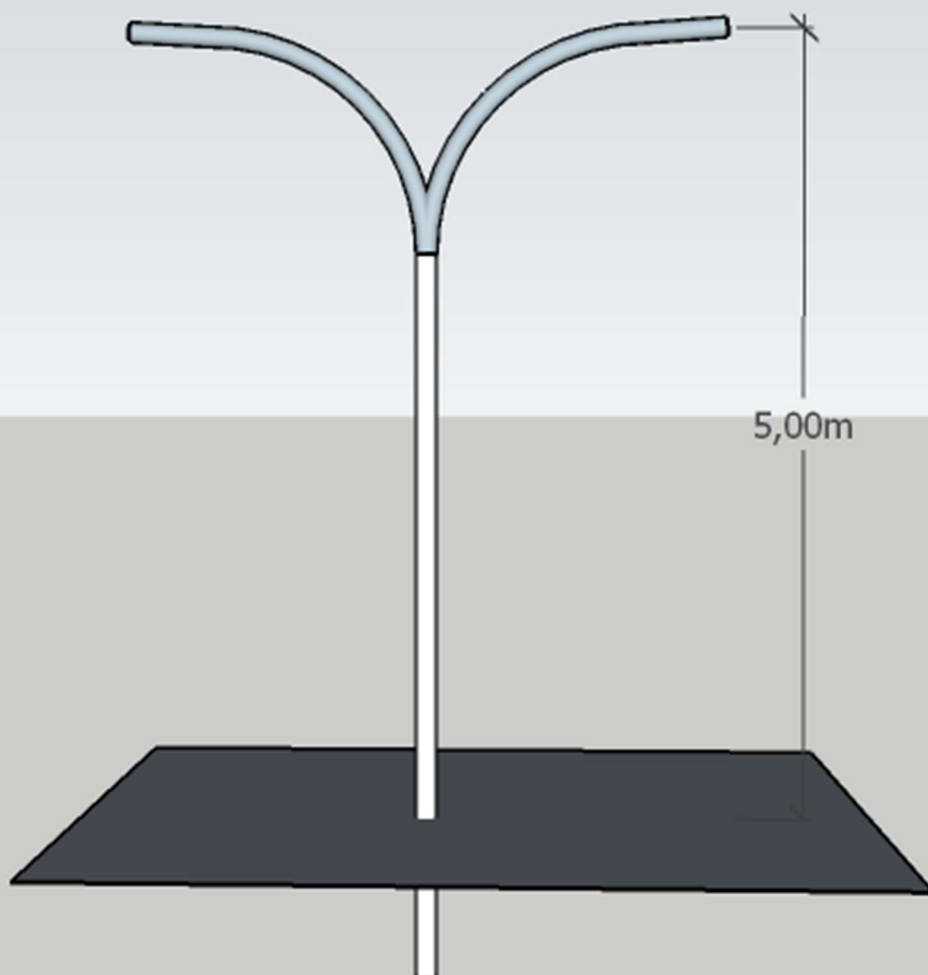


Figura 107 - Poste UnB 5m

Poste UnB de 6m de altura

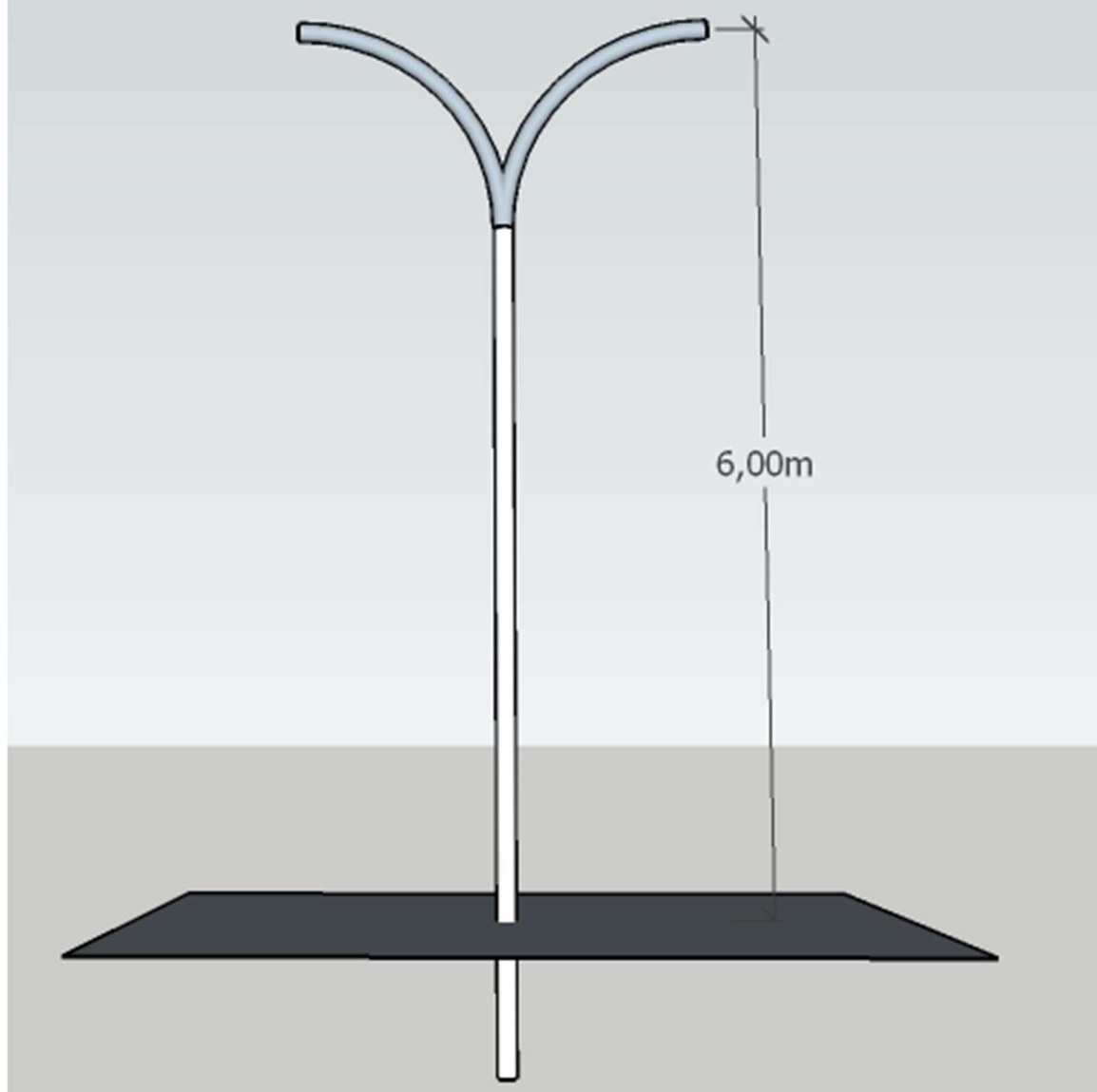


Figura 108 - Poste UnB 6m